



POSGRADOS

Maestría en **PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES**

RPC-SO-30-NO.506-2019

Opción de Titulación:

Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo

Tema:

Aplicación del ciclo DMAIC para la disminución del sobrepeso en el área de empacado de galletas, en una empresa de alimentos de la ciudad de Quito

Autor:

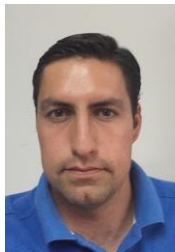
Cristhian Patricio Espinosa Carrillo

Director:

Daniela Verónica García Tumipamba

QUITO – Ecuador
2023

Autor:



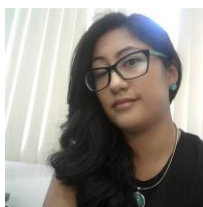
Cristhian Patricio Espinosa Carrillo

Ingeniero Industrial

Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito.

cespinosac2@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Daniela Verónica García Tumipamba

Ingeniera en Alimentos

Magíster en Ingeniería Industrial y Productividad

dgarciat@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2023 © Universidad Politécnica Salesiana.

QUITO– ECUADOR – SUDAMÉRICA

Cristhian Patricio Espinosa Carrillo

APLICACIÓN DEL CICLO DMAIC PARA LA DISMINUCIÓN DEL SOBREPESO EN EL ÁREA DE EMPACADO DE GALLETAS, EN UNA EMPRESA DE ALIMENTOS DE LA CIUDAD DE QUITO.

AGRADECIMIENTO

Un profundo y sincero agradecimiento a mi incondicional familia, en especial a mi esposa Anabel y a mis adoradas hijas, Sofía y Lucía, por comprender que la consecución de este objetivo conlleva tiempo y dedicación, tiempo que ellas sin interés alguno, supieron entregarme en su debido momento.

De igual manera un sentido agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana por crear el espacio adecuado para el crecimiento de muchos profesionales del país. A cada uno de los profesores, quienes, con su conocimiento y experiencia se convirtieron en el cimiento fundamental para alcanzar paso a paso este logro. En especial un profundo agradecimiento al Coordinador de la MPOI en la persona del Ing. William Quitiaquez PhD, quien ha brindado el acompañamiento necesario en todo el desarrollo del pensum académico, posteriormente en la elaboración y seguimiento del trabajo de titulación.

Finalmente, un sentido agradecimiento a la Ing. Daniela García, mi Tutora de Tesis; quien me acompañó paso a paso en el desarrollo de este trabajo de titulación.

Cristhian E.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado para mi Padre, Washington Cristóbal Espinosa López, quien ha sido y seguirá siendo mi ejemplo a lo largo de la vida y a quién admiro mucho por todas sus cualidades (que sin duda alguna son diversas), por todas sus enseñanzas para transitar por el camino de la vida y finalmente por los valores inculcados para hacer de mí, UN BUEN CRISTIANO Y UN HONRADO CIUDADANO.

Cristhian E.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	3
DEDICATORIA.....	4
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
CAPÍTULO 1.....	12
INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Breve reseña histórica de la compañía.....	12
1.2 Planteamiento del problema.....	13
1.3 Formulación del problema.....	14
1.4 Justificación de la investigación.....	14
1.5 Objetivos.....	17
1.5.1 Objetivo general.....	17
1.5.2 Objetivos específicos.....	17
CAPÍTULO 2.....	19
MARCO TEORICO Y CONTEXTUAL.....	19
2.1 Antecedentes de la investigación.....	19
2.1.1 Elaboración de alimentos.....	19
2.1.2 Empacado de alimentos.....	21
2.1.3 Diagrama de Flujo.....	22
2.1.4 Situación actual.....	24
2.2 Aspectos teóricos fundamentales.....	25
2.2.1 Historia del Six sigma.....	25
2.2.2 Herramientas de la calidad.....	26
2.2.3 Metodología DMAIC.....	28
2.3 Metodología de la investigación.....	29
2.3.1 Modalidad de investigación.....	29
2.3.2 Tipo de investigación.....	29
2.3.3 Procedimiento de la investigación.....	29

2.4	Estructura de la propuesta	30
2.4.1	Definir	31
2.4.2	Medir	32
2.4.3	Analizar	33
2.4.4	Mejorar	34
2.4.5	Controlar	36
CAPÍTULO 3		37
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		37
3.1	Desarrollo del Ciclo DMAIC	37
3.1.1	Fase Definir	37
3.1.2	Fase Medir	44
CAPÍTULO 4		51
PROPUESTA DE MEJORA		51
4.1.	Fase Analizar	51
4.2.	Fase Mejorar	62
4.3.	Fase Controlar	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		78
Conclusiones		78
Recomendaciones		79
REFERENCIAS		80
ANEXOS		83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de participación de los productos que se procesaron en el 2022 en la línea en estudio "LD"	13
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de producción de la línea de galletas "LD".	23
Figura 3. Información complementaria del diagrama de flujo detallado en la Figura 2	24
Figura 4. Elemento estructural del proyecto fase definir.	32
Figura 5. Elemento estructural del proyecto fase medir.	33
Figura 6. Elemento estructural del proyecto fase analizar.	34
Figura 7. Elemento estructural del proyecto fase mejorar.	35
Figura 8. Elemento estructural del proyecto fase controlar.	36
Figura 9. Resultados de LD del trimestre en análisis (agosto, septiembre, octubre 2022).	38
Figura 10. Estadística descriptiva de la FP95-19.	39
Figura 11. Estadística descriptiva de la FP95-20.	39
Figura 12. Estadística descriptiva de la FP95-21.	39
Figura 13. Estadística descriptiva de la FP95-22.	39
Figura 14. Estadística descriptiva de la FP95-23.	40
Figura 15. Peso promedio de paquete de cada empacadora y su sobrepeso correspondiente.	41
Figura 16. Layout específico del área de empaque de la LD.	42
Figura 17. Diagrama SIPOC del proceso de empaque de galleta.	43
Figura 18. Detalle de las variables utilizadas en el análisis ANOVA.	45
Figura 19. Análisis de Varianza perteneciente al análisis ANOVA.	46
Figura 20. Análisis de Varianza método de comparación Tukey, con un nivel de confianza del 95%.	47
Figura 21. Complemento del método de comparación Tukey, con un nivel de confianza del 95%.	47
Figura 22. Gráfica de intervalos de la FP95-19 hasta la FP95-23 con índice de confianza de 95%.	48
Figura 23. Diagrama de distribución de las filas que llegan a cada empacadora.	50
Figura 24. Gráfica de distribución de datos de la máquina FP95-19.	53
Figura 25. Gráfica de distribución de datos de la máquina FP95-20.	53
Figura 26. Gráfica de distribución de datos de la máquina FP95-21.	54
Figura 27. Gráfica de distribución de datos de la máquina FP95-22.	54
Figura 28. Gráfica de distribución de datos de la máquina FP95-23.	55
Figura 29. Diagrama de Ishikawa del sobrepeso en la galleta.	58
Figura 30. Ponderación de causas obtenidas en el Diagrama Ishikawa.	59

Figura 31. Pesos promedio de cada fila de galletas que tiene la banda de salida del horno.	60
Figura 32. Nueva distribución de filas de galleta a cada máquina empacadora.	63
Figura 33. Detalle de las variables utilizadas en el nuevo análisis ANOVA.	66
Figura 34. Análisis de Varianza perteneciente al nuevo análisis ANOVA.	66
Figura 35. Análisis de Varianza con el método de comparación Tukey, con un nivel de confianza del 95%, después de la mejora realizada al proceso.	67
Figura 36. Complemento del método de comparación Tukey, con un nivel de confianza del 95%.	68
Figura 37. Gráfica de intervalos de la FP95-19 hasta la FP95-23 con índice de confianza de 95%.	68
Figura 38. Gráfica de distribución de la FP95-19, aplicada la mejora del proceso de empaque.	69
Figura 39. Gráfica de distribución de la FP95-20, aplicada la mejora del proceso de empaque.	70
Figura 40. Gráfica de distribución de la FP95-21, aplicada la mejora del proceso de empaque.	70
Figura 41. Gráfica de distribución de la FP95-22, aplicada la mejora del proceso de empaque.	71
Figura 42. Gráfica de distribución de la FP95-23, aplicada la mejora del proceso de empaque.	71
Figura 43. Pesos promedio de cada empacadora con su respectivo sobrepeso en porcentaje después de las actividades de mejora.	73
Figura 44. Acta de capacitación sobre el manejo y uso del porcionador de las empacadoras FP95	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Balance de producción de Salticas correspondiente a un trimestre del año 2022.....	14
Tabla 2. Costo del sobrepeso obtenido en un trimestre del año 2022.	37
Tabla 3. Resumen del sobrepeso obtenido en cada empacadora.....	40
Tabla 4. Resumen de los resultados obtenidos de las gráficas de distribución de los datos en cada máquina empacadora.	56
Tabla 5. Método de Taguchi con la mejor combinación de las variables controlables y sus salidas medibles (Peso de Paquete).....	65
Tabla 6. Comparación de resultados obtenidos de las gráficas de distribución de cada máquina empacadora Situación actual Vs. Mejora de proceso.....	72
Tabla 7. Comparación de pesos promedio de cada máquina empacadora Situación actual Vs. Mejora de proceso con su respectivo sobrepeso.	73
Tabla 8. Costo del sobrepeso con la mejora en el proceso.....	74
Tabla 9. Ahorro anual por la disminución del sobrepeso de 3,89% a 2,96%.	74
Tabla 10. Balance de la producción de Salticas en los tres primeros meses 2023....	77

RESUMEN

El trabajo de titulación se desarrolló en una empresa dedicada a la elaboración de alimentos, domiciliada en el distrito Metropolitano de Quito. Empresa que dispone de varias plantas de producción entre estas y como uno de los negocios principales se encuentra la planta de galletas, específicamente en la línea de producción “LD”. El objetivo principal del estudio fue disminuir el sobrepeso que se presenta en uno de sus productos con más ventas, por medio de la aplicación del ciclo DMAIC de LEAN SIX SIGMA. En este proyecto se utilizó fundamentos de tipo científico y técnico por medio de los cuales se ejecutó la aplicación del método desde la definición del problema, medición de la situación inicial, el análisis de los datos y causas principales, implementación de herramientas para la mejora del proceso y finalmente la definición de métodos para el control de los procesos intervenidos. Para el análisis de la situación actual de la producción de la galleta en estudio “Salticas”, se tomó los datos del trimestre con mayor producción del año 2022 por inicio de temporada navideña, en el cual se tomó como punto de partida los datos relacionados al sobrepeso de 3,89%, desperdicio entre la miga de horno y empaque 1,98% y un Rendimiento de Producto Terminado (RPT) de 94,13%. Para la identificación de las posibles causas de este problema de sobrepeso, como herramienta principal se utilizó el Diagrama de Ishikawa, la misma que sirvió para definir las causas que se podían solventar en un corto plazo y con la menor inversión posible, siendo estas: la incorrecta distribución de filas de galleta a cada empacadora y el exceso de galletas por paquete. Una vez implementado el ciclo DMAIC, los resultados fueron satisfactorios, reduciendo el sobrepeso de 3,89% a 2,96%, con este resultado el ahorro anual de la compañía es de aproximadamente \$ 38000 dólares. Finalmente, para evidenciar la permanencia de los resultados en el tiempo, se analizó el primer trimestre del año 2023 manteniendo un sobrepeso menor al 2,96%, cumpliendo el objetivo planteado por la organización tiempo atrás. Una vez validada la efectividad de las actividades de mejora planteadas, se plasmó estas actividades en los Procedimientos Operativos Estándar y se brindó las capacitaciones respectivas al personal inmerso en este proceso.

Palabras claves: DMAIC, Procedimiento, estándar, Ishikawa, mejora continua, balance.

ABSTRACT

The degree project was developed in a company that produces food and is located in the Metropolitan District of Quito. The company has several production plants and one of the main businesses is the cookie plant, specifically in the "LD" production line.

The main target of this study was to reduce the overweight that is measured in one of its best-selling products through the application of the DMAIC cycle of the LEAN SIX SIGMA. In this project, technical and scientific fundamentals were used that allowed the application of the method which involves since the definition of the problem, measurement of the initial situation, data analysis and its main causes, tools implementation for process improvement and finally the definition of methods for the process control involved.

For the current situation analysis of the production of the "Salticas" cookie under study, data was taken from one of the quarters of 2022 which has the highest production due to the start of the Christmas season, The data taken as a starting point were those related to the overweight of 3.89%, waste of oven and packaging crumbs with 1.98% and a Finished Product Yield (RPT) of 94.13%. To identify the possible causes of this overweight problem, the Ishikawa Diagram was employed as the main tool, which helped to define the causes that could be solved in the short term and with the lowest possible investment, these are the incorrect distribution of rows of cookies to each packer and the excess of cookies per package.

Once the DMAIC cycle was implemented, the results were satisfactory, the reduction of the overweight from 3.89% to 2.96% was achieved, with this result the annual savings of the company is approximately \$ 38,000 dollars. Finally, to demonstrate the constancy of the results over time, the first quarter of the year 2023 was analyzed, getting an overweight less than 2.96% and achieving the target established by the organization some time ago. Once the effectiveness of the proposed improvement activities was validated, these activities were included in the Standard Operating Procedures and the appropriate training was provided to the personnel involved in this process.

Keywords: DMAIC, procedure, standard, Ishikawa, continuous improvement, balance sheet.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Breve reseña histórica de la compañía.

La organización en estudio se dedica a la fabricación y comercialización de productos derivados del trigo y cuentan con tecnología de vanguardia, con el objetivo de garantizar procesos y prácticas de manufactura que dan como resultado productos de alta calidad para satisfacción del cliente y del mercado donde se desenvuelve. Posee un amplio portafolio de marcas totalmente competitivas y reconocidas a nivel nacional. La empresa, inició sus operaciones comerciales el 14 de abril de 1972, año desde el cual ha venido operando y contribuyendo decisivamente al desarrollo del País y del sector en donde se encuentra localizada, generando una fuente de ingreso aproximadamente para 1000 familias de forma directa y otras 250 de forma indirecta. Uno de los principales negocios de este complejo industrial, es la planta de Galletería; la cual dispone de 5 líneas de procesamiento, entre las que se elaboran diferentes tipos de galletas como laminadas, troqueladas y moldeadas; 2 líneas para elaboración de galleta tipo Wafer y un área complementaria para el bañado de chocolate.

Las líneas de procesamiento en esta área de trabajo han sido identificadas con las letras del abecedario, de acuerdo con su orden de llegada o adquisición de cada una de ellas. Actualmente se dispone desde la línea A hasta la Línea E. Este estudio se llevará a cabo en el área de empaqueo, específicamente en la línea de galletas laminadas (“LD”), al ser una de las líneas con gran capacidad de proceso y siendo la de mayor aportación al mix de producción mensual del área; es necesario identificar oportunidades de mejora en esta línea de producción.

La participación de cada producto procesado en el año 2022, en la línea de producción en estudio “LD”. Tiene como resultado que un 45% corresponde a la participación del producto en estudio; mientras que los productos que lo siguen ocupan un 24 y 20%; finalmente se tiene una participación mínima de varios productos que abarcan el 11% de la producción anual de esta línea de proceso. Esto se visualiza a continuación en la Figura 1.

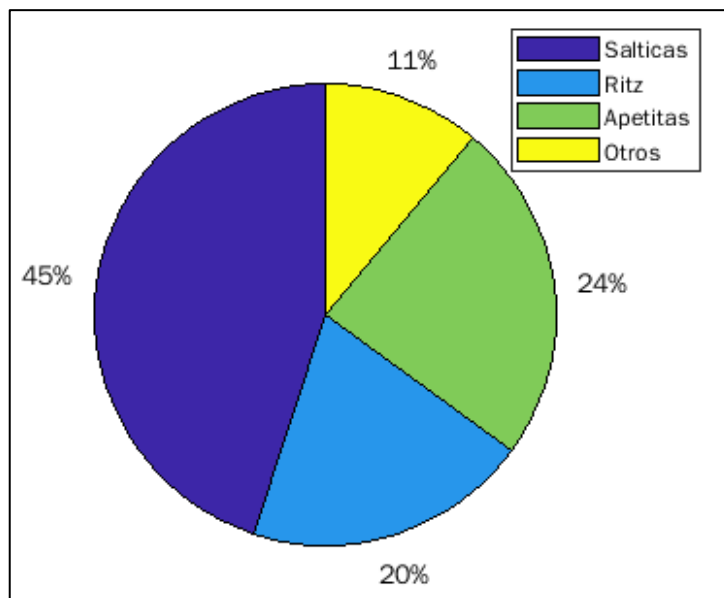


Figura 1. Porcentaje de participación de los productos que se procesaron en el 2022 en la línea en estudio "LD"

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad las empresas buscan elevar su competitividad y utilidad, por medio de la implementación de métodos o técnicas de mejora continua, los mismos que permiten alcanzar mayores niveles de eficiencia y productividad, optimizando los recursos necesarios para el proceso de transformación o ya sea reduciendo los desperdicios generados en sus procesos.

A lo largo del proceso de producción de galletas se tiene diferentes tipos de desperdicios. En la tabla 1, se puede visualizar los desperdicios que se forman en el proceso de elaboración de la galleta Salticas, entre estos y con un mayor porcentaje se encuentra el sobrepeso, siendo este, la cantidad extra de producto con relación al peso declarado en el paquete, envase o unidad. Dependiendo de diferentes circunstancias, condiciones y giro de negocio; puede llegar a ser una de las mermas más costosas para las compañías, debido al mayor consumo de materias primas, incremento de horas en la utilización de la línea (equipos) y finalmente mayor uso de horas hombre, dando como resultado un incremento en el costo de producción o fabricación del producto.

Tabla 1. Balance de producción de Salticas correspondiente a un trimestre del año 2022.

2022	% Rendimiento	% Miga Horno	% Miga Empaque	% Sobrepeso
agosto	95,51%	0,18%	0,42%	3,90%
septiembre	92,57%	2,64%	1,12%	3,68%
octubre	94,32%	0,57%	1,00%	4,11%

En la tabla 1, se tiene el balance de masa del producto en estudio, correspondiente a la producción de los meses agosto, septiembre y octubre del 2022; debido al inicio de la temporada navideña son los meses con mayor cantidad de producción del año. En el cuadro se visualiza los resultados mensuales del rendimiento de la producción y los diferentes tipos de desperdicios generados en este proceso; en este caso, la miga de horno pertenece a todos los desperdicios que provienen del amasado y horno; la miga de empaque corresponde estrictamente a toda la galleta que se desperdicia en las máquinas empacadoras o bandas de enfriamiento y como último desperdicio, se tiene el sobrepeso, que en este trimestre ha alcanzado un **3,89%**.

1.3 Formulación del problema

En un proceso de manufactura o cadena productiva los desperdicios ya sea de diferentes tipos como materiales, mano de obra, etc. Se convierten en uno de los principales problemas que deben ser tratados con la importancia debida para tener un mejor desempeño del proceso y como resultado una mejor utilidad.

En este caso el trabajo de titulación se enfocará en reducir el sobrepeso existente en una de las galletas que se producen en una industria de alimentos de la ciudad de Quito, aplicando la metodología DMAIC.

1.4 Justificación de la investigación

El sobrepeso en la producción de alimentos es uno de los desperdicios que se presenta con mayor frecuencia en los procesos productivos, ya sea por la naturaleza del producto que se está elaborando, falla en la calibración de las máquinas empacadoras, desconocimiento de los procesos en los operadores, falta de control del proceso.

Para una mejor comprensión del sobrepeso, se enuncia el siguiente ejemplo: el peso neto del paquete de galletas esta declarado en 70 gramos, sin embargo, un paquete llegó a pesar 75 gramos, se considera que esos 5 gramos extras son la cantidad de sobrepeso que tiene esa unidad, transformándolo a porcentaje, se tiene 7,1% de sobrepeso en este paquete, lo que quiere decir que la empresa está cediendo un 7,1% de producto extra al cliente.

Finalmente se puede concluir que el sobrepeso que se genera en el proceso tiene un costo y en este caso debido al volumen de producción anual de este producto, es una pérdida significativa para la organización, en términos más sencillos: dinero que la empresa dejará de percibir.

Por lo expuesto anteriormente, es de vital importancia tener un control adecuado del proceso productivo y por ende del sobrepeso, lo cual llevaría a obtener mejores resultados al disminuir el costo de producción, el mismo que se visualizaría al momento del cálculo de su rendimiento de producto terminado (RPT), con su respectivo balance de masa.

El cálculo del RPT, viene dado por la siguiente ecuación:

$$100\% = PT + S + M$$

En donde:

PT = producto terminado (producto empaçado)

S = sobrepeso

M = miga de horno, miga sucia.

Al reducir la cantidad de desperdicios (sobrepeso y miga basura), se conseguirá una mayor cantidad de producto empaçado; dando como resultado un mayor %RPT, el cual viene dado con el siguiente cálculo:

$$\%RPT = 100\% - \% \text{ Sobrepeso} - \% \text{ Miga (basura)}$$

Por tanto, el estudio planteado se enfocará en disminuir directamente el sobrepeso generado en la producción de galletas Salticas en la LD, apoyado por las filosofías de

mejora continua y metodologías de manufactura esbelta.

Las empresas aplican los conceptos de six sigma en conjunto con la metodología DMAIC, siendo el DMAIC una metodología basada en una hipótesis planteada inicialmente, siguiendo un formato sistemático de 5 pasos o fases, las cuales admiten: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar las etapas de un proceso independiente o el conjunto compuesto de varios procesos.

Según [1] indican que la manufactura esbelta y six sigma son técnicas antiguas para mejorar la producción en la industria por medio de la eliminación de desperdicios. Analizan las pérdidas que sufre una conocida industria que fabrica componentes de transmisión de automóviles, la empresa se enfrentaba al rechazo de uno de sus componentes del eje trasero perdiendo grandes sumas de dinero cada mes. Utilizaron datos históricos de 3 meses, cambiaron el diseño del piso de producción con la finalidad de reducir el transporte del producto y administrar el espacio para mejor utilización. Una vez implementado Lean Six Sigma (LSS) se obtuvieron resultados muy favorables para la compañía, siendo estos: la reducción de la tasa de rechazo de 10,4 al 3,2 %; disminución de la superficie del taller de 252 a 90 metros cuadrados El recorrido del material procesado disminuyó de 4050 a 809 m; adicional se mejoró el nivel sigma de 3,34 a 3,94 y finalmente disminuyó el tiempo de entrega de 12 a 11 días, demostrando que las técnicas utilizadas son efectivas.

La reducción de los defectos de calidad con sus respectivos costos asociados es una temática muy apropiada para la implementación de la metodología DMAIC, siendo este el caso aplicado en la empresa THC, compañía textil ecuatoriana la cual produce hilos, telas y cobijas para el mercado nacional e internacional. Una vez definido los procesos a ser analizados por medio de flujogramas e histogramas, se midió la situación actual de estos procesos, encontrando que las manchas en las cobijas Tigre son las fallas con mayor frecuencia en esta línea, siendo las principales causas raíz de este defecto, la falta de cuidado de los operadores y el procedimiento de lavado de cuadros. Se realizó un nuevo proceso de cambio y lavado de cuadros, adicional se implementó un nuevo sistema de remuneración con un mecanismo variable y

finalmente se llevó a cabo la estandarización del proceso, reduciendo un 3% el defecto identificado [2].

La metodología Six Sigma, aplicada en la compañía productora de banano Marisbell S.A., con el objetivo de corregir varios defectos que se forman en el proceso de producción bananera, (los mismos que son palpables en el tiempo improductivo de la línea), el desperdicio, principalmente en el incremento de los costos de producción por la falta de métodos automatizados. Una vez aplicado el ciclo DMAIC se evidenció un incremento del 3% en la producción anual, sin embargo, existió varias limitaciones en el proceso productivo, con una utilización del 75% de la capacidad productiva. Se diseñó una propuesta de mejora adecuando el cable vía hacia las piscinas, mecanización de tareas de rotulado y pegado de corrugado; favoreciendo al incremento de los volúmenes de producción, un 12,13%. Se verificó la posibilidad de esta propuesta debido a una recuperación del capital en 3 años con un TIR (tasa interna de retorno) de 42,03% y un VAN (valor actual neto) de \$ 30660,59, explicando que aproximadamente se duplicará la inversión máxima en 5 años [3].

Por todo lo antes mencionado, como actividad central en este trabajo se aplicará la metodología DMAIC, apoyada por varias herramientas de mejoramiento continuo con el objetivo de alcanzar una reducción en el sobrepeso actual que presenta el producto en estudio.

1.5 Objetivos.

1.5.1 Objetivo general.

Aplicar el ciclo DMAIC para la disminución del sobrepeso en el área de empaqueo de galletas en una empresa de alimentos de la ciudad de Quito.

1.5.2 Objetivos específicos

Analizar la situación actual del proceso de empaqueo de galletas, definiendo las herramientas de calidad para la ejecución del ciclo DMAIC.

Aplicar el ciclo DMAIC para la disminución del sobrepeso en el área de empaqueo de galletas.

Proponer un protocolo de trabajo para el control del sobrepeso en el área de empaqueo de galletas.

CAPÍTULO 2

MARCO TEORICO Y CONTEXTUAL

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Elaboración de alimentos.

La fabricación de alimentos como todos los procesos de manufactura, es un conjunto de actividades y/o procedimientos que se llevan a cabo con la finalidad de obtener algún bien o producto. Tomando la suficiente atención en cada una de sus fases u operaciones unitarias, en especial en las que añadan valor agregado al producto.

Según [4], la industria alimentaria es el sector productivo que se ocupa de todos los procesos propios de la cadena alimenticia de la sociedad. El mismo que abarca procesos de producción, selección, procesamiento, transporte y venta de alimentos provenientes de una muy variada oferta agropecuaria. El objetivo de la producción alimentaria es satisfacer los requerimientos del cliente, indiscutiblemente conociendo los requerimientos de alimentación de la población en cada uno de sus segmentos de mercado.

En el siglo XXI, para una humanidad en expansión y crecimiento la industria alimentaria es esencial. Más de siete mil millones de seres humanos requieren cierta cantidad representativa de alimento día a día. Importante cantidad, que se convierte en una oportunidad para los productores de alimentos, siendo también una responsabilidad mayor, no solo por la inversión o volúmenes de producción que tendrán, sino por el manejo adecuado de los alimentos y el cumplimiento de considerables estándares de calidad, los mismos que apalancarán la obtención de un producto inocuo precautelando la salud del consumidor final.

El proceso de fabricación de alimentos es la transformación de alimentos frescos en productos alimentarios. En este proceso posiblemente intervengan una de las siguientes técnicas como; lavar, cortar, pasteurizar, hornear, congelar, fermentar y envasar, entre otras. De igual manera la transformación de alimentos radica en añadir conservantes para alargar su tiempo de duración [5].

Proceso de producción de galletas.

A continuación, se detalla el proceso de producción de galletas en sus diferentes etapas:

- *Preparación de insumos o materias primas:* absolutamente todos los insumos, ingredientes o materias primas que ingresen a la planta de producción, deben cumplir ciertas especificaciones, que son comprobadas por el departamento de calidad para su respectiva aprobación. Existe una dosificación de insumos menores (saborizantes, premix, sal, etc) e insumos mayores (agua, y harina principalmente)
- *Proceso de amasado:* una vez finalizada la dosificación de ingredientes tanto mayores como menores en la amasadora; se mezclan por varios minutos (el tiempo depende del tipo de galleta que se esté elaborando) hasta obtener una masa uniforme y elástica, capaz de soportar los siguientes procesos. En este punto existe controles de temperatura y tiempo, al igual que una comprobación del operador de las características físicas de la masa, antes de pasar al siguiente proceso.
- *Laminado:* consiste en que la masa pase a través de un tren de laminación, 3 a 4 pares de rodillos lisos que disminuyen el espesor de la masa hasta conseguir eliminar las tensiones y obtener un espesor uniforme el cual proporcionará el peso de la galleta.
- *Troquelado:* la masa se direcciona por un rodillo troquelador con el diseño de la galleta, el cual imprime y corta la figura de la galleta en la lámina de masa. Los recortes que se generan en este proceso automáticamente retornan a la tolva inicial de masa antes del laminado.
- *Cocción:* las galletas una vez troqueladas, por medio de bandas transportadoras, ingresan al horno para su respectivo proceso de cocción, las dimensiones del horno varían dependiendo de la fábrica y del tipo de línea; en este caso, se dispone un horno de marca Imaforni con 30 metros de longitud, 1,2 metros de ancho, equipado con quemadores de gas GLP distribuidos en

cuatro zonas para la transferencia de calor, tres de ellas fuego directo y una de fuego indirecto.

- *Bañado de aceite:* las galletas cocidas pasan a través de una campana de bañado de aceite que, con boquillas difusoras, rocían las galletas para darles un color y brillo determinado. La banda utilizada es una malla metálica. El bañado de aceite depende del tipo de acabado deseado en la galleta y es un proceso opcional.
- *Enfriamiento:* Las galletas se trasladan en bandas transportadoras para conseguir un enfriamiento natural antes de su empaqueo. En este punto se realiza los controles pertinentes al producto cocido, como espesor, humedad, Ph, diámetro, peso, comparándolos con el patrón que dispone el área de Aseguramiento de la Calidad.
- *Empacado:* en esta etapa se utiliza el mayor número de colaboradores, asignados según la actividad que llevan a cabo; el personal que alimenta el producto a la máquina empacadora (3 personas por máquina), recoge la galleta de la banda de enfriamiento y apilado, la colocan en toboganes o cargadores, los mismos que abastecen a la empacadora para dar lugar a la formación de los paquetes, los cuales son envueltos con el material de empaque (lámina) respectivo. Los paquetes son colocados en cajas, las cajas bajo cierta distribución se ubican en pallets plásticos, los cuales son enviadas a la bodega de producto terminado para su respectivo almacenamiento y distribución [5].

2.1.2 Empacado de alimentos.

Muchas veces se ha comentado de la repercusión que tiene el empaque o envase en la comercialización de productos y el impacto que esto tiene en la economía de los países. Según [6] menciona varios análisis sobre el empaque o envasado de alimentos, entre uno de sus casos indica que la entidad Promoción de turismo, inversión y exportaciones de Colombia (Proexport) asegura que incrementará el poder adquisitivo por persona y por ende demandará mayor cantidad de productos empacados y embalados a nivel mundial. Por otra parte, indica que Chile, el país suramericano más desarrollado en agroindustria, utiliza sistemas internacionales aceptados para la

exportación de sus alimentos, como es el caso de la caja de cartón tipo Plaform; la cual ofrece una amplia protección, maximización del espacio en contenedor y mínimas pérdidas del producto lo que conlleva a mayor calidad, presentación, rendimiento, mejor precio y rentabilidad.

El envase es considerado el principal componente en la comercialización de productos, debido a que es el primer contacto con el consumidor. En el sector alimenticio, el envase es fundamental en su ciclo logístico, ya que es el principal encargado de precautelar todas las características organolépticas del producto y controlar el ataque de microorganismos, moléculas de aromas, oxígeno y vapor de agua, así como de macroorganismos como animales, plagas y el mismo ser humano [6].

2.1.3 Diagrama de Flujo.

Una de las maneras más acertadas para que una empresa logre incrementar su rentabilidad o mejorar sus resultados, es analizando cada uno de sus procesos. De esta manera es factible mirar el flujo del proceso para detectar falencias o desperdicios que se podrían mejorar realizando ciertas actividades de otro modo al que comúnmente se viene realizando.

El diagrama de flujo es un bosquejo o dibujo del movimiento que tiene los materiales, las personas o los productos que intervienen en un proceso de producción, los cuales permiten imaginar, analizar y visualizar de forma gráfica un proceso [7].

También llamados organigramas, flujogramas o fluxogramas, constituyen un instrumento importante en la visualización de un proceso productivo, de servicio o múltiple. Constituido por varias figuras geométricas, las cuales representan las actividades o acciones que componen un proceso.

De tal manera el proceso productivo de producción de galletas se encuentra plasmado en el siguiente flujograma (Figura 2).

Item	Leyenda
1	PPRO 4: Rotulado en empaque por alérgeno
17, 18, 21, 22, 23	R1 es aquel producto que no cumple especificaciones, pero que puede ser reprocesado en su totalidad o en partes en la mezcladora.
20	Detector de Metales de Masa. Niveles de detección 5 mm Fe, 5 mm No Fe, 7 mm SS 316
23	R2 es aquel producto que por la característica del proceso (recorte, rebose, etc.) puede ser reciclado hacia el alimentador de masa por el sistema de reciclo de la línea.
23, 27, 32	Uso de aire comprimido
26	PPRO 5: Horneado
17, 18, 19, 20, 21, 22, 23	PPRO 6: Modelo 26
29	PCC: Detección de Metales antes del envasado. Niveles de detección 15 mm Fe, 2,0 mm No Fe, 2,5 mm SS 316
Entradas	A harina de Trigo P Miga No Alérgena Q Miga Alérgena
Salidas	J Reproceso Miga no alérg. K Reproceso Miga alérgena O Galleta granel

Figura 3. Información complementaria del diagrama de flujo detallado en la Figura 2

Fuente: Plan HACCP de la línea de producción de galletas “LD” de Grupo Superior.

2.1.4 Situación actual.

El alto grado de competencia en el siglo XXI, ha ido exigiendo a la industria, en especial a empresas manufactureras, a mejorar sus procesos y abaratar sus costos, optimizando sus procesos o reduciendo las mermas que se presentan a lo largo de la cadena productiva.

En la actualidad, los mercados competitivos y globalizados obligan a las industrias a enfocarse en reducir los desperdicios en sus procesos e implementar propuestas de mejora continua. Como filosofías de mejora de procesos existe Lean y Six Sigma que han sido aplicadas por algunas organizaciones para optimizar cada uno de sus procesos de manufactura. En la filosofía Lean, los desperdicios incluyen procesamiento inadecuado, transporte innecesario, exceso de movimiento, defectos, espera, sobreproducción e inventarios. Al reducir uno de los desperdicios que se tiene en las industrias, el proceso se vuelve más eficiente debido a que el costo se reducirá proporcionalmente [8].

Según [9] mencionan que para la construcción de la manufactura esbelta o lean manufacturing existen dos pilares esenciales, que son, la calidad del producto a bajo costo y la satisfacción del cliente. A esta manufactura esbelta la consideran una técnica para reducir al mínimo los residuos, mermas o desperdicios de los procesos.

En el presente caso de estudio, se requiere disminuir el sobrepeso generado en el área de empaquetado de galletas de una industria de alimentos. En la tabla 1, se evidencia los datos alcanzados en los tres meses de análisis (agosto, septiembre y octubre 2022), teniendo que un **3,89%** de la producción total, fue desperdiciada en sobrepeso.

Para el empaquetado de la galleta en análisis, se dispone 5 máquinas empaquetadoras, Marca: Tecno pack; Modelo: FP-95. Tipo de máquina diseñada para ser empleada en diferentes líneas semi automáticas donde resaltan sus características físicas como robustez, capacidad y confiabilidad, también llamadas tipo Cantopack. Desde este punto en adelante, las máquinas empaquetadoras utilizadas en este estudio serán nombradas desde la FP95-19 hasta la FP95-23.

2.2 Aspectos teóricos fundamentales

2.2.1 Historia del Six sigma

Al principio de los años 80, las empresas manufactureras aun medían su calidad en porcentaje, usualmente este cálculo se lo realizaba con el número de defectos en cien piezas. Motorola desarrolla el método Six Sigma con el objetivo de mejorar sus procesos reduciendo los defectos presentados en sus productos. Bill Smith es la persona quien acuñó el nombre para esta metodología, la cual analiza la variación de los procesos basados en datos estadísticos para conocer la desviación estándar de los mismos [10].

Otra de las metodologías para la mejora continua es la denominada Manufactura Esbelta o Lean Manufacturing, la cual tiene por objetivo central la disminución y eliminación de desperdicios, al hablar de desperdicios se hace referencia a materiales no utilizados, procesos, actividades y trabajadores que influyan en la improductividad de la empresa. Nace en Japón, exclusivamente en manos de Sakichi Toyoda fundador de Grupo Toyota, a inicios de la década de 1990. Sin embargo, la primera propuesta de mejora se da inicialmente en la industria textil, creando un dispositivo que alertaba de problemas en los telares y anunciaba a los trabajadores cuando un hilo se rompía, de esta manera se toma acciones inmediatas para reducir el desperdicio generado por ese fallo en el proceso [11].

Como información importante para el estudio, [12] desarrollan un artículo sobre la filosofía Lean Manufacturing, en su traducción al español “La manufactura esbelta”. Analizan, detallan y explican la implementación de varias herramientas de la fabricación ajustada, con el objetivo de maximizar el uso de la capacidad, reducir el tiempo de ciclo, el tiempo de entrega y el inventario, optimizando el costo del producto. Confirmando que la manufactura esbelta es un instrumento muy poderoso al momento de identificar las actividades no valoradas en la industria de transformación.

Además, [13] mencionan que, en la actualidad existen muchos métodos de mejora empresarial los cuales están siendo utilizados por varias empresas en el mundo para optimizar la eficiencia de sus procesos y la reducción de los residuos. Una integración entre Lean Manufacturing y Six Sigma, da origen a una de las más famosas metodologías de mejora, Lean Six Sigma, la cual muestra de cierta manera un enfoque integrado de seis sigmas esbeltas con el objetivo de perfeccionar los procesos, optimizar los recursos y aumentar la satisfacción del cliente al tiempo que mejora las ganancias y reduce los costos.

Finalmente se conoce que entre las herramientas más utilizadas en six sigma, es la metodología DMAIC. La cual contiene 5 pasos interrelacionados: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Cada fase está creada para tener un efecto acumulativo: lo que quiere decir que se basa en la información y los datos generados en fases anteriores y se repite en varias iteraciones, [14].

2.2.2 Herramientas de la calidad

El catedrático de Ingeniería de la Universidad de Tokio, a mediados del siglo anterior, Kaoru Ishikawa, desarrollaba las 7 herramientas básicas de la calidad. Estas permiten conseguir la información necesaria para solucionar los problemas relacionados con la calidad en distintos ámbitos. Kaoru siendo un experto en control de calidad, diseñó las herramientas imprescindibles que cualquier trabajador podría utilizar en beneficio de la calidad. [15].

Estas herramientas actualmente se utilizan en todo el mundo y se conocen como un conjunto de metodologías que pueden aplicarse para resolver cualquier problema de calidad. Básicamente se basa en la recolección de datos y el análisis de ellos con hechos.

A continuación, se detallan las herramientas de la calidad utilizadas en el presente estudio:

Hoja de recolección de datos: empleada para recoger y ordenar información sobre un proceso o producto. Existe varios tipos de plantilla para la toma de datos; según el proceso que se vaya a medir y las variables que se requieran evaluar. Como otro de los beneficios de esta herramienta, se puede mencionar que los datos proporcionados son muy sencillos de interpretar. Permiten valorar los síntomas de un problema, buscar sus causas o, incluso, recopilar datos una vez planteada alguna hipótesis [15].

Diagrama de espina de pescado: conocido como espina de pescado o también diagrama Ishikawa, se utiliza para encontrar las posibles causas de un problema a partir de un análisis más complejo de la información que se dispone. Su uso y su diseño es muy sencillo, diseño basado en una espina de pescado y de fácil interpretación de los resultados [15].

Gráficas de control: describen si un proceso determinado tiene un comportamiento que se puede predecir, si es estable o no. El diseño de esta herramienta viene compuesto por tres líneas de control, la línea céntrica viene a ser el objetivo a cumplir, mientras que la línea superior y la línea inferior dibujan los límites máximos y mínimos permitidos. El ahorro de tiempo y dinero para la organización es otro de los beneficios de estos gráficos de control mediante la predicción del rendimiento de los procesos [15].

Diagrama de Dispersión: también llamado diagrama de correlación, siendo una de las herramientas más útiles para comprobar la relación que existe entre dos variables distintas. Son de gran ayuda para las personas que realizan control de calidad e intentan encontrar relaciones causa y efecto.

En general, las herramientas de la calidad demuestran los resultados que una empresa u organización ha alcanzado y en base a estos datos que las herramientas aportan pueden mitigar errores o tomar decisiones más acertadas en cuanto a la calidad de los productos que se elaboran [15].

2.2.3 Metodología DMAIC

Considerando que la metodología DMAIC es muy adecuada para la resolución de problemas, a continuación, se muestra una breve descripción de cada una de sus fases:

Definir: En esta fase se define el problema y qué se requiere para solucionar el mismo. Esta parte del proceso es donde se establece claramente el problema. Ayuda a comprender el proceso en su totalidad y qué elementos son críticos para la calidad, también conocidos como “CTQ” (Critical to Quality). Las entradas y salidas se suelen dibujar en un diagrama SIPOC, por sus siglas en inglés significa proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes [16].

Medir: una vez entendido el problema, se identificará el desempeño actual del proceso, determinando una línea base o situación actual de la problemática identificada en la fase anterior. Poseer los datos correctos es fundamental para la correcta aplicación e implementación del ciclo DMAIC. A partir de esto se puede emplear un plan de recopilación de datos para evidenciar el rendimiento a medida que se realiza cambios según el avance del proyecto [16].

Analizar: en esta instancia se debe tener una base de referencia de datos que permitan comenzar a tomar decisiones sobre el proceso. Es el momento ideal para inspeccionar estos datos. Si bien es cierto en diferentes proyectos de Six Sigma utilizan herramientas más complejas en esta fase, los diagramas cola de pescado o Ishikawa son métodos suficientes que se utilizan para cumplir con el análisis y determinación de las causas principales del problema planteado en una de las fases anteriores [16].

Mejorar: Esta fase sirve para hallar soluciones creativas que sean fácil de implementarse y controlarse en el proceso DMAIC. Como herramientas muy útiles en esta fase, se dispone de la lluvia de ideas y las reuniones efectivas. Sin embargo, también es necesario realizar nuevamente la toma de datos para verificar la eficiencia de los cambios o mejoras implementadas en el proceso en ejecución. Finalmente es

importante plasmar los cambios aplicados a los procesos ya sea por medio de instructivos, procedimientos, Procedimientos Operativos Estándar (con sus siglas en inglés SOP), que sirven como herramientas de capacitación para el personal involucrado en los procesos en estudio [16].

Controlar: finalmente para concluir el desarrollo del ciclo DMAIC en esta etapa se debe gestionar y verificar la permanencia en el tiempo de las actividades de mejora implementadas en la etapa anterior, las mismas que deben mantenerse e ir mejorando con el pasar del tiempo.

Es muy importante que los procedimientos intervenidos y mejorados sean socializados con todo el personal que participa en el proceso que está siendo intervenido [16].

2.3 Metodología de la investigación

2.3.1 Modalidad de investigación

Una vez definido los objetivos específicos que se buscaron alcanzar en este estudio, se requirió conocer la metodología a utilizar para la consecución de cada uno de ellos. La exploración se llevó a cabo en el mismo sitio de ejecución de cada uno de los procesos descritos, dando lugar a una investigación de campo, ya que se levantó información y datos para su análisis en búsqueda de la situación actual del sobrepeso que mantiene el área de empaquetado de galletas; al contar con los archivos de control de producción que reposan en dicha área, también se llevó a cabo una investigación documental [17].

2.3.2 Tipo de investigación

En el presente proyecto, por la naturaleza de los antecedentes y el área en el que se despliega la exploración se aplicó la investigación de campo y documental. Según [18] la investigación de campo permite acceder a información del sitio de trabajo con encuestas, entrevistas y observaciones en cada uno de los procesos analizados. Mientras que la investigación documental, como el nombre lo indica se basa en fuentes de carácter documental, de cualquier especie, entre estas se encuentran la bibliográfica, hemerográfica y archivística [19].

2.3.3 Procedimiento de la investigación

Una vez DEFINIDA correctamente la problemática que analizaremos en este estudio, se inició la ejecución del ciclo DMAIC conociendo el porcentaje de sobrepeso actual

de cada empacadora, porcentaje que fue conseguido a partir del peso promedio obtenido de la estadística descriptiva de cada empacadora por medio del software estadístico Minitab. También es importante conocer el costo que genera el sobrepeso y asimismo fue necesario elaborar un diagrama SIPOC, la cual es una herramienta que permite representar al proceso de manera sencilla y general [20]; en la etapa de MEDICIÓN se utilizó los datos obtenidos en el levantamiento de la situación actual del área de empaque de galletas para realizar un análisis Anova apoyado en el Software estadístico Minitab, el cual nos ayudará a analizar la variación de pesos entre máquina y máquina, y finalmente se elaboró el layout con la distribución actual de filas de galletas que son alimentadas en cada máquina. Con la información de los apartados anteriores, se ANALIZÓ la cantidad de datos dentro de especificación con las gráficas de distribución, con el soporte de un diagrama Ishikawa y la formación de un grupo multidisciplinario se efectuó la búsqueda de la causa raíz al problema del sobrepeso y finalmente se analizó el comportamiento del peso de cada fila de galleta a lo ancho de la banda de la línea de producción. En la etapa de MEJORA, el equipo multidisciplinario conformado en el apartado anterior discutió las posibles soluciones a las causas identificadas en el Diagrama Ishikawa, como siguiente actividad se implementó un nuevo layout con la redistribución de las filas que se alimentan a cada máquina empacadora. Finalmente, con el objetivo de que los resultados obtenidos perduren en el tiempo, en la última etapa del ciclo DMAIC, se levantó varios SOP que servirán para la estandarización de las actividades implementadas y el CONTROL diario del sobrepeso en el empaqueo de la galleta en estudio.

Una vez verificada la eficacia del ciclo DMAIC y para concluir este proyecto, se recomendó un procedimiento estandarizado de trabajo para el control del sobrepeso en el área de empaque de galletas de la industria en la cual se desarrolló el estudio.

2.4 Estructura de la propuesta

Proyecto para la disminución del sobrepeso en el área de empaqueo de galletas en una planta de alimentos de la ciudad de Quito.

A través de la aplicación de la metodología DMAIC; la cual significa Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar de Lean Six Sigma se llevó a cabo las siguientes actividades en cada fase:

2.4.1 Definir

En esta primera etapa de aplicación de la metodología DMAIC, se tiene como objetivo definir la línea base en la que se encuentra actualmente el sobrepeso en el área de empaclado de la galleta en estudio.

Una vez obtenidos los datos pertinentes de cada una de las máquinas empacadoras, se realizó un análisis estadístico para determinar la variabilidad existente en el peso de paquete entre máquina y máquina, de esta manera se determinó el porcentaje de sobrepeso que se tiene en cada empacadora.

Es preciso conocer el porcentaje de sobrepeso global, el sobrepeso individual de cada máquina empacadora y cuánto representa económicamente a la organización esta merma. Asimismo, es oportuno conocer con claridad los factores que necesita el proceso de empaclado de galletas, para lo cual se utilizó un diagrama SIPOC (siendo sus siglas en inglés: Supplier - Inputs - Process - Outputs - Customers), lo cual significa en español: proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes.

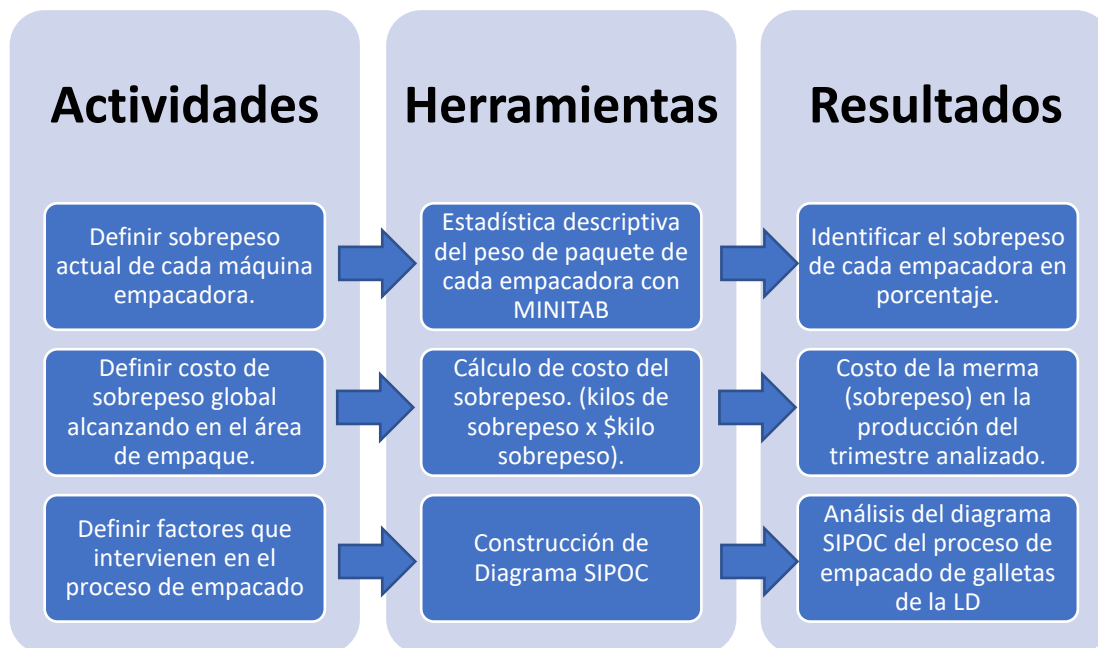


Figura 4. Elemento estructural del proyecto fase definir.

2.4.2 Medir

Durante esta fase se evaluó la variación de peso que existe entre máquina y máquina; apoyados en un análisis estadístico ANOVA se estableció la variación del peso entre las cinco máquinas empacadoras y las brechas existentes entre ellas.

Con el apoyo de un layout se identificó la distribución actual del proceso (en este caso de producto), cantidad y ubicación de filas de galleta que son alimentadas a cada máquina empacadora.

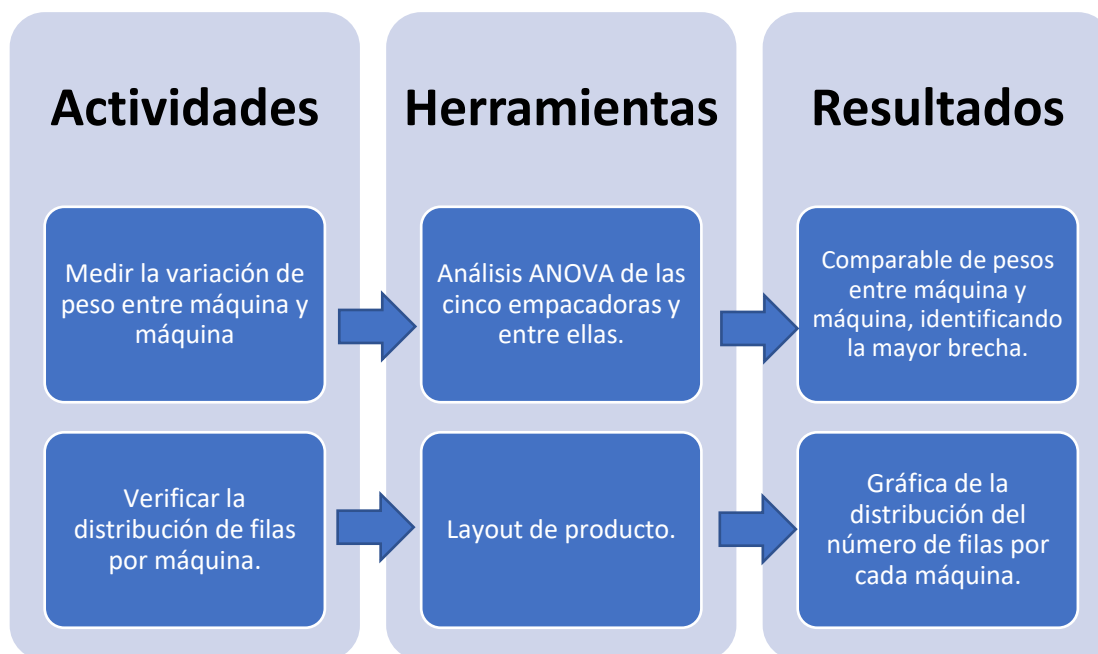


Figura 5. Elemento estructural del proyecto fase medir.

2.4.3 Analizar

Siguiendo con la estructuración de cada fase del ciclo DMAIC, se tiene la etapa de análisis, la cual tiene como objetivo localizar el motivo del sobrepeso presentado en esta línea de proceso, basado en el análisis de la información de los apartados anteriores y con la conformación de un equipo multidisciplinario, se definió de manera específica y clara las fuentes de variación del proceso.

Adicional se estableció gráficas de distribución de datos con el objetivo de comparar la cantidad de datos que se encuentran dentro y fuera de especificación.



Figura 6. Elemento estructural del proyecto fase analizar.

Para la localización del origen del sobrepeso se utilizó como herramienta principal, el Diagrama Ishikawa [21] con un importante soporte del análisis estadístico presentado en la etapa anterior, finalmente se tomó y se graficó los pesos de cada fila de galleta que sale del horno (33 filas); el detalle de lo mencionado se encuentra mostrado en la Figura 6.

2.4.4 Mejorar

Para la consecución de esta etapa, se utilizó varias herramientas lean six sigma, se podría mencionar que son técnicas de fácil aplicación, pero con gran impacto en el momento de una implementación acertada.

De tal manera, esta fase inició con la ejecución de la lluvia de ideas en búsqueda de las mejores soluciones para eliminar o disminuir la o las posibles causas encontradas con el diagrama Ishikawa y el análisis estadístico, ejecutado en el apartado anterior.

Una vez definidas las posibles causas del sobrepeso de la galleta, se ejecutó las respectivas actividades para la disminución desperdicio, entre estas se tiene la propuesta de un nuevo layout correspondiente a la distribución de las filas que se alimentan a cada empacadora.

Otra de las actividades planteadas para la disminución del sobrepeso fue el levantamiento del procedimiento o instructivo de calibración del porcionador de las máquinas empacadoras, el mismo que sirvió como herramienta para la capacitación del personal inmerso en el manejo de estos equipos y por ende en este proceso.

Con el objetivo de evaluar las acciones implementadas se realizó una nueva toma de datos para ejecutar por segunda ocasión el análisis ANOVA y determinar si disminuyó o no la variación de peso promedio entre empacadoras.



Figura 7. Elemento estructural del proyecto fase mejorar.

2.4.5 Controlar

Finalmente, y para concluir el ciclo DMAIC planteado para la mejora del sobrepeso en el proceso de empackado de galleta, se tiene como objetivo estandarizar las actividades y procedimientos levantados para controlar las actividades de mejora implementadas en la etapa anterior, las mismas que deben mantenerse e irse mejorando en el tiempo. Como herramienta para la estandarización se utilizó varios SOP.

Como complemento a los nuevos procedimientos implementados se llevó a cabo la respectiva capacitación al personal involucrado en el manejo de estos procedimientos y como resultado la adecuada administración del área de empaque.



Figura 8. Elemento estructural del proyecto fase controlar.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1 Desarrollo del Ciclo DMAIC

3.1.1 Fase Definir

En la metodología DMAIC la primera fase definir, iniciaría con la siguiente pregunta: ¿Qué problema deseo resolver?, pregunta que sirve para identificar la problemática de mayor impacto en una industria y de esta manera buscar eliminarla a través de una solución poderosa y perenne en el tiempo.

En este estudio se dispone de una línea de elaboración de galletas, la cual tiene varios puntos en los cuales se generan mermas que disminuyen el rendimiento del producto terminado y el objetivo de este trabajo es reducir una de estas mermas, el sobrepeso; el cual encarece el costo de producción, por consecuencia reduce el margen de utilidad tanto en esta galleta, como para la organización en general.

Acorde a lo mencionado en el párrafo anterior y según el porcentaje de sobrepeso (3,89%) obtenido del balance de masa señalado en el planteamiento del problema del presente estudio, es necesario cuantificar la pérdida que esta merma genera a la organización. El costo del kilo de sobrepeso es igual al costo de producción, el cual se establece por la suma de los costos fijos (materia prima y material de empaque), el costo de la MOD (mano de obra directa) y los costos indirectos (supervisores, asistentes, entre otros); obteniendo como resultado un costo de 75 centavos de dólar por cada kilogramo de producto. Siendo así que, en la Tabla 2 se visualiza tres valores concernientes al trimestre en estudio, de izquierda a derecha: kilos producidos, kilos

Tabla 2. Costo del sobrepeso obtenido en un trimestre del año 2022.

Kilos producidos (agosto, septiembre, octubre) 2022	Kilos de sobrepeso	Costo del sobrepeso (\$)
1,359.686	52.892	39.669

de sobrepeso y finalmente el costo de este desperdicio, alcanzando aproximadamente a \$ 39700 dólares americanos. Considerando que no todos los meses se tiene el mismo volumen de producción, se puede concluir que fácilmente al término de un año la pérdida bordeará aproximadamente los \$150000 dólares.

En la Figura 9 se puede evidenciar los resultados de los promedios obtenidos en el trimestre en estudio. Efectos provenientes del balance de masa que se elabora al término de cada producción para analizar, evidenciar y medir la gestión realizada en la misma. En este caso se tiene como resultados un rendimiento de producto terminado del 94,13% y el resto, un 5,87% corresponde a las mermas del proceso, mermas que se encuentran distribuidas entre: Miga Horno 1,13%, Miga Empaque 0,85% y finalmente el sobrepeso con el 3,89%. Las migas del proceso son pesadas día a día al término de cada turno de trabajo por los responsables de cada proceso (horno y empaque).

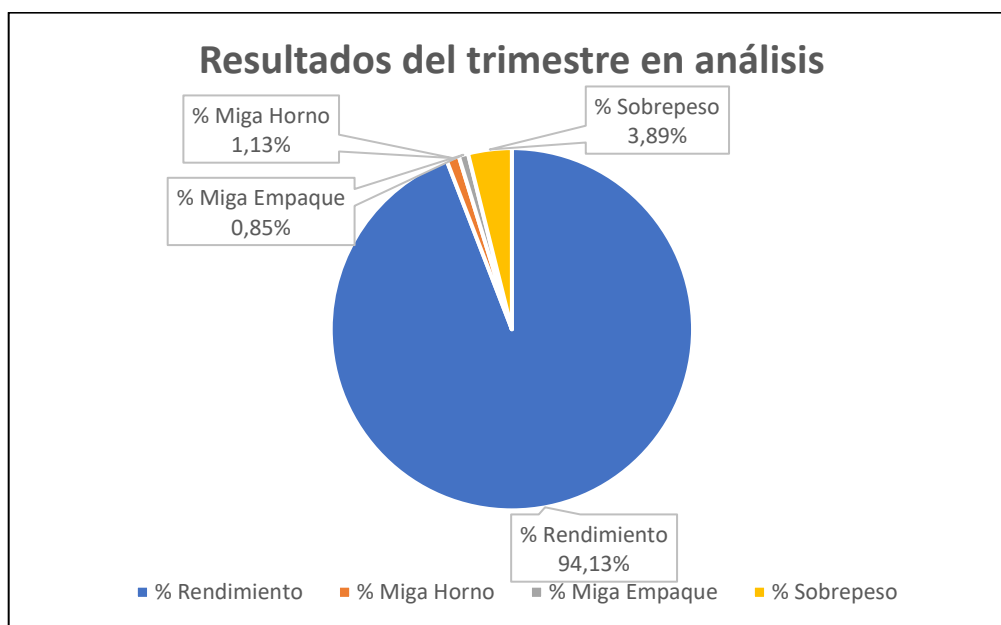


Figura 9. Resultados de LD del trimestre en análisis (agosto, septiembre, octubre 2022).

Como siguiente actividad fue necesario conocer el comportamiento actual de cada empacadora respecto al sobrepeso, por tal motivo se trabajó una hoja de recolección de datos (más de 350 valores por máquina) para la determinación del peso promedio de paquete de cada máquina empacadora, con esta data se realizó la estadística descriptiva de cada una de ellas. A continuación, se muestra los resultados:

Estadísticas							
<u>Variable</u>	<u>Conteo total</u>	<u>Media</u>	<u>Desv.Est.</u>	<u>Varianza</u>	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>	<u>Rango</u>
FP095-19	375	71,543	0,834	0,696	68,700	79,800	11,100

Figura 10. Estadística descriptiva de la FP95-19.

Estadísticas							
<u>Variable</u>	<u>Conteo total</u>	<u>Media</u>	<u>Desv.Est.</u>	<u>Varianza</u>	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>	<u>Rango</u>
FP095-20	375	72,223	1,469	2,159	63,800	81,800	18,000

Figura 11. Estadística descriptiva de la FP95-20.

Estadísticas							
<u>Variable</u>	<u>Conteo total</u>	<u>Media</u>	<u>Desv.Est.</u>	<u>Varianza</u>	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>	<u>Rango</u>
FP095-21	363	72,821	1,293	1,671	64,540	79,000	14,460

Figura 12. Estadística descriptiva de la FP95-21.

Estadísticas							
<u>Variable</u>	<u>Conteo total</u>	<u>Media</u>	<u>Desv.Est.</u>	<u>Varianza</u>	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>	<u>Rango</u>
FP095-22	375	72,771	1,297	1,683	65,040	78,280	13,240

Figura 13. Estadística descriptiva de la FP95-22.

Estadísticas

Variable	Conteo total	Media	Desv.Est.	Varianza	Mínimo	Máximo	Rango
FP095-23	375	73,617	1,163	1,353	67,470	78,000	10,530

Figura 14. Estadística descriptiva de la FP95-23.

Sintetizando los resultados anteriormente mostrados, se elaboró un cuadro resumen (Tabla 3) en el cual consta el peso medio obtenido en cada máquina empacadora y el sobrepeso que contiene cada uno en porcentaje.

Tabla 3. Resumen del sobrepeso obtenido en cada empacadora.

MÁQUINA	MEDIA (Peso gr.)	SOBREPESO
FP95-19	71,54	2,20%
FP95-20	72,22	3,17%
FP95-21	72,82	4,03%
FP95-22	72,77	3,96%
FP95-23	73,62	5,17%
PROMEDIO	72,594	3,71%

En la Tabla 3 se identifica el sobrepeso que tiene cada máquina empacadora en base a la estadística descriptiva realizada con el software estadístico Minitab, se obtuvo los pesos promedio de los pesos de paquete de cada equipo, dando como resultado un sobrepeso promedio de 3,71%, valor ligeramente por debajo del dato de sobrepeso obtenido en la tabla 1 en el primer capítulo, que fue de 3,89%, valor alcanzado a raíz del balance de masa que se elabora al finalizar la producción mensual del trimestre en estudio. Esta pequeña variación se da porque en el balance de masa el cálculo del sobrepeso se obtiene por diferencia de los datos, el RPT, la miga y el sobrepeso suman el cien por ciento; mientras que en la estadística descriptiva el peso promedio proviene de los datos tomados uno a uno en la línea de producción.

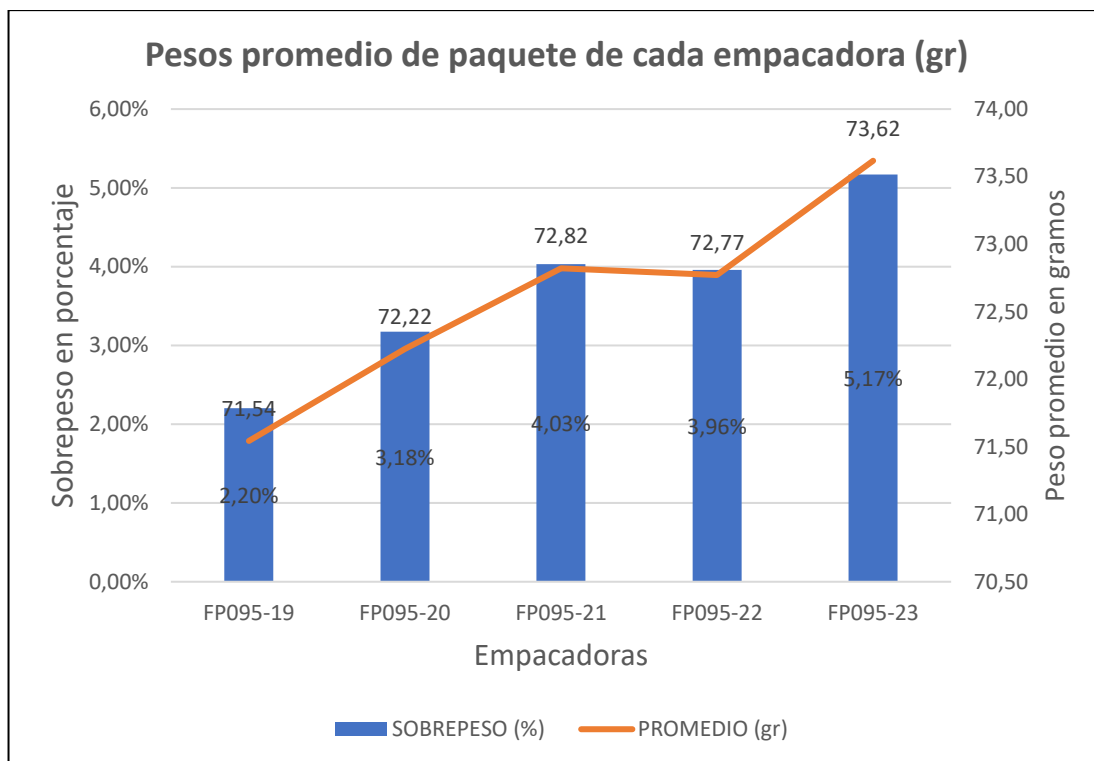


Figura 15. Peso promedio de paquete de cada empacadora y su sobrepeso correspondiente.

En la Figura 15, se realizó la representación gráfica de la Tabla 3, en la cual se visualiza los pesos obtenidos de cada máquina empacadora con su respectivo sobrepeso en porcentaje; asimismo se puede identificar una variación de peso ascendente desde la máquina FP95-19 hasta la FP95-23, obteniendo la mayor brecha entre las dos máquinas con una diferencia de 2,08 gramos.

Para mejorar su línea de producción se debe entender la situación actual, cómo marcha el proceso en realidad, de esta manera se debe abordar las mejoras necesarias con eficacia y certeza [22]. Por lo cual con el plano mostrado en el Anexo 1 se visualiza la línea íntegra de producción de galletas “LD”, desde el amasado hasta el empaque y en la Figura 16 se muestra el layout específico del área de empaque con el HeadCount necesario para la elaboración de esta presentación.

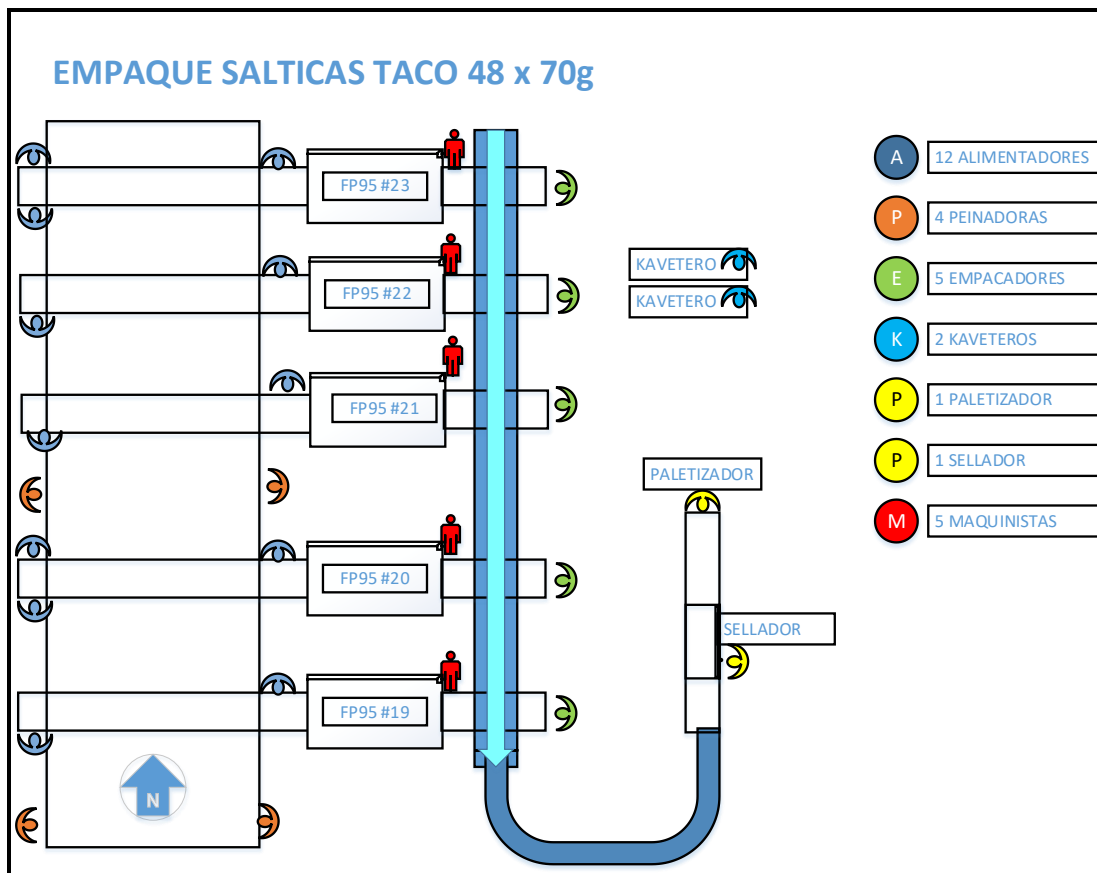


Figura 16. Layout específico del área de empaque de la LD.

Una vez determinado el sobrepeso de cada empacadora con su respectivo costo y visualizando el layout del área; es trascendental localizar los factores que intervienen en este proceso de empackado. Conociendo que un proceso es un conjunto de actividades planeadas que involucran la participación de un número de personas y de materiales coordinados entre sí para conseguir un objetivo anticipadamente identificado. Por tal motivo para una mejor caracterización de nuestro proceso de empackado, se desarrolló un Diagrama SIPOC, el cual brinda información clave para el análisis de problemas, agilizar los flujos del trabajo y la toma de decisiones frente a un proceso con problemas.



Figura 17. Diagrama SIPOC del proceso de empackado de galleta.

El diagrama SIPOC mostrado en la Figura 17, se enfocó únicamente en el proceso de empaclado de galletas, por ende, los proveedores, entradas, salidas y clientes fueron determinados en torno a esta área.

Como conclusión obtenida al término de esta etapa del ciclo DMAIC y con los resultados expuestos en el desarrollo de este, queda definido claramente la problemática a la cual se ha enfocado el trabajo en estudio y con la información presentada se da paso a la siguiente etapa de la metodología.

3.1.2 Fase Medir

El medir es un proceso susceptible de mejora, el cual es útil y necesario para caracterizarlo y entender como está marchando, obteniendo datos precisos para evaluar su rendimiento o capacidad, y diferenciar teorías sobre los condicionantes y las pautas de variación que ocasionan defectos [22].

En este punto cabe citar y acoger las palabras mencionadas por William Thomson Kelvin (Lord Kelvin de la Universidad de Glasgow) [22], “Frecuentemente menciono que cuando conseguimos medir aquello de lo que estamos platicando, y expresarlo mediante números conocemos algo acerca de ello, cuando no podemos expresarlo mediante números, nuestro conocimiento es insuficiente e insatisfactorio: puede ser el principio del conocimiento, pero apenas has avanzado en tus pensamientos a la etapa de la ciencia.”

Con los datos obtenidos en la primera fase del ciclo DMAIC se realizó el análisis ANOVA con el objetivo de determinar si los pesos promedios de cada una de las máquinas empacadoras son iguales o si se tiene una variación significativa entre máquina y máquina.

En su debido momento se tomó una gran cantidad de datos correspondientes a pesos de paquete de cada máquina empacadora, esta información fue utilizada en la etapa de definición del problema y en los antecedentes necesarios para plantear el estudio que se está llevando a cabo. Los datos fueron tomados de los tres meses ya mencionados anteriormente (agosto, septiembre y octubre 2022), meses que son de alta demanda para la línea de producción “LD”, debido al inicio de la temporada navideña.

En el mundo del análisis estadístico se tiene diferentes tipos de análisis o test ANOVA, para el presente estudio, se utilizó una prueba ANOVA de una vía, llamado de esa manera debido a la existencia de un solo factor de variación (el peso de paquetes). Dicho esto, lo que se busca con el análisis estadístico propuesto, es definir si el error aleatorio intrínseco a toda medida experimental puede explicar la variación entre las medias de las muestras o si por el contrario se debe al factor de las diferencias, llamado factor controlado o efecto fijo [23].

Una vez entendido el concepto del análisis ANOVA y su objetivo, la hipótesis nula como la alterna se definieron de la siguiente manera:

Hipótesis nula (H_0): las medias de las 5 máquinas empacadoras son iguales.

Hipótesis alterna (H_1): las medias de las 5 máquinas empacadoras NO son iguales.

Si $p\text{-value} \geq \alpha \rightarrow$ No rechazar H_0

Si $p\text{-value} < \alpha \rightarrow$ Rechazar H_0 (aceptar H_1)

Método	
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia α	$\alpha = 0,05$
Filas no utilizadas	16

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Figura 18. Detalle de las variables utilizadas en el análisis ANOVA.

La Figura 18 unicamente describe la hipótesis nula y la hipótesis alterna del análisis que se esta realizando. El nivel de significancia (0,05), indica un riesgo del 5% de saber que existe una discrepancia cuando no hay una discrepancia real. El dato viene dado definido por el software, al ser el más cercano a la realidad.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	4	889,3	222,315	147,13	0,000
Error	1854	2801,5	1,511		
Total	1858	3690,7			

Figura 19. Análisis de Varianza perteneciente al análisis ANOVA.

La Figura 19 correspondiente al Análisis de Varianza, muestra el valor de p- value es igual a 0, por tal motivo $p\text{-value } (0) < \alpha (0,05)$; se debe rechazar H_0 (aceptar H_1). La aceptación de la hipótesis alterna H_1 , se traduce en que NO todas las medias son iguales. Existe diferencia significativa entre las medias de los pesos de cada máquina, utilizando un nivel de significancia de 0,05; nivel que el software por default lo asigna.

Como complemento del análisis ANOVA se realizó la comparación gráfica de las varianzas de las medias, soportados en el método comparativo Tukey con un nivel de confianza del 95%.

Estos intervalos de confianza de Tukey de 95%, limitan a un máximo de 5% la probabilidad de que uno o más intervalos no contengan la verdadera diferencia. Una vez entendido este argumento, se examinó los intervalos de confianza para establecer si uno de ellos no contiene cero, lo que indica que se tiene una diferencia significativa de las medias. En la Figura 20 se visualiza que, de las 10 comparaciones realizadas por el software estadístico Minitab; 9 comparaciones no contienen cero (línea base de la diferencia de peso entre máquinas), por tal motivo existe diferencias significativas entre las empacadoras y la mayor brecha (encerrada en recuadro rojo) está entre la máquina FP95-19 y la máquina FP95-23.

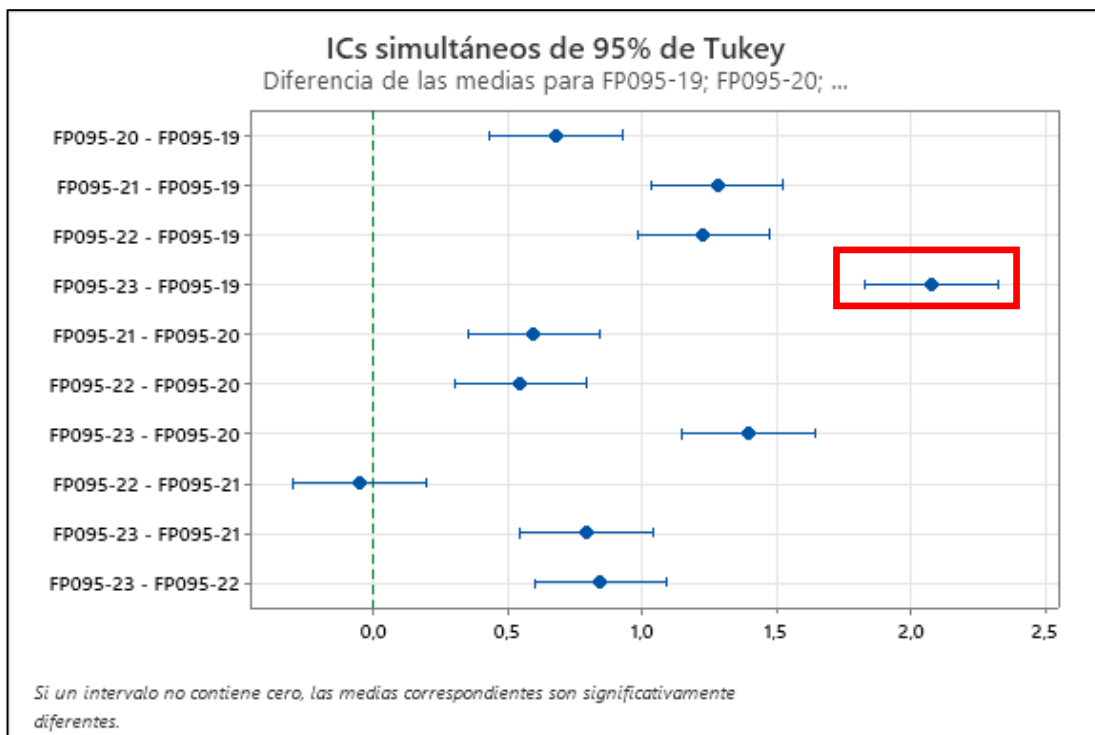


Figura 20. Análisis de Varianza método de comparación Tukey, con un nivel de confianza del 95%.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
FP095-23	375	73,6175	A
FP095-21	363	72,8215	B
FP095-22	371	72,7710	B
FP095-20	375	72,2227	C
FP095-19	375	71,5428	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 21. Complemento del método de comparación Tukey, con un nivel de confianza del 95%.

En la Figura 21 que es el complemento de la comparación de medias utilizando el método Tukey, muestra en la columna “Agrupación”, que el valor de la media que no comparten una letra son significativamente desiguales. Esto quiere decir que unicamente la máquina 21 y 22 (letra B) tienen sus valores aparentemente cercanos.

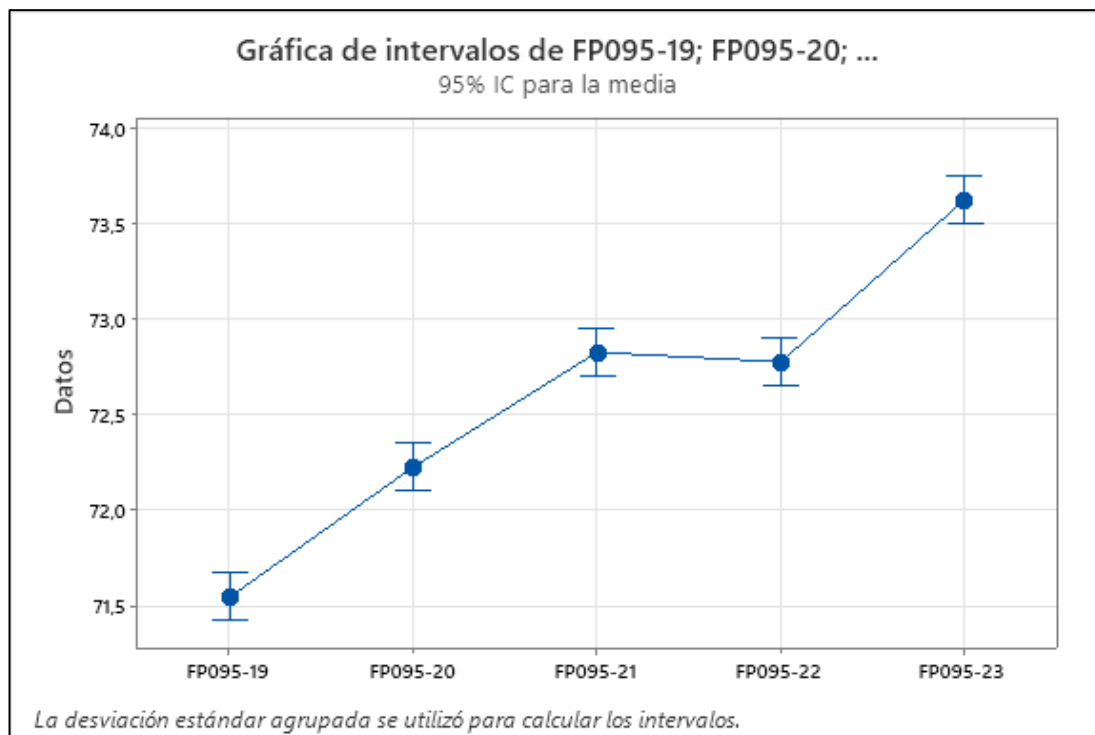


Figura 22. Gráfica de intervalos de la FP95-19 hasta la FP95-23 con índice de confianza de 95%.

En conclusión, la Figura 22 indica con facilidad la variación que existe entre las medias de los pesos de paquete que tienen cada máquina, la mayor brecha se da entre la máquina 19 y 23; manteniendo una variación de peso ascendente, que va desde la FP95-19 con el peso más bajo hasta llegar a la FP95-23 con el peso más alto. Siendo 2,08 gramos la diferencia entre estas dos máquinas.

Según el diagrama SIPOC planteado en la etapa anterior del ciclo DMAIC, la fase PROCESO contiene varias actividades, las cuales están ligadas a parámetros como el control estadístico, ya que la variación de datos está presente en todas las acciones que se ejecutan en procesos de manufactura.

Uno de los primordiales objetivos del Control Estadístico de Calidad es conocer los parámetros con que el proceso está produciendo las galletas, pues mediante su conocimiento se logrará establecer si el proceso está en capacidad de cumplir con las especificaciones que son requeridas para el producto, y por ende en la medida que se

reduzca la amplitud de los datos, se obtendrá un proceso más constante y homogéneo [24].

La inestabilidad en los procesos de control estadístico instituye que existen dos causas para que se generen, las cuales se conocen como causas comunes y causas asignables. En el caso en estudio las causas de la variación del proceso de empaclado de galletas son asignables debido a la presencia de algunos factores que trastornan el proceso, y que por sí solos son competentes de manifestar en gran medida la variabilidad en la calidad, siendo una de estas causas asignables la diferencia de peso de las galletas entre máquinas [24]. En cambio, las causas frecuentes constituyen la suma de los efectos de un conjunto total de causas aleatorias no controlables, que producen una variación en la calidad del producto. Es poco lo que se puede hacer para reducirlas, debido a que son inherentes al proceso, a la precisión de las máquinas, etc. Por ejemplo, la distribución de calor en el interior del horno.

Cada uno de los procesos de manufactura tiene sus detalles y particularidades, las cuales invitan a ser observadores y muy analíticos en cada actividad u operación unitaria que mantenga dicho proceso, lo cual permitirá al proyectista tomar las mejores decisiones en cuanto a las mejoras que podría ejecutar para obtener un mejor rendimiento de esa línea de trabajo.

Una vez conocido el sobrepeso en cada máquina y la variación existente entre ellas, es importante conocer cómo se distribuye el producto que sale del horno a las diferentes máquinas empacadoras, por tal motivo en la Figura 23 se visualiza la cantidad de filas de galletas que se alimentan a cada empacadora, definiéndolo como distribución de filas de galletas por máquina.

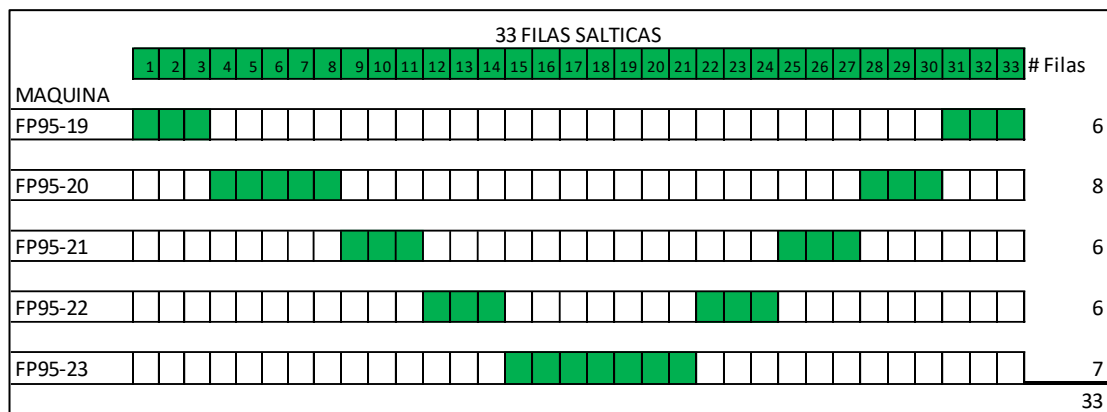


Figura 23. Diagrama de distribución de las filas que llegan a cada empacadora.

La Figura 23, muestra cómo se distribuye las filas de galletas (33 filas) a cada una de las máquinas empacadoras. De las cinco máquinas, tres de ellas recogen 6 filas y las otras dos máquinas toman 8 y 7 filas respectivamente. Por ejemplo, en el caso de la empacadora FP95-19 se alimentan las filas 1, 2, 3, 31, 32 y 33. La máquina FP95-20 abarca las filas 4, 5, 6, 7, 28, 29, 30; en el caso de la empacadora FP95-21 recibe las filas 9, 10, 11, 25, 26, 27; respecto a la FP95-22 toma las filas 12, 13, 14, 22, 23, 24; finalmente en la última máquina empacadora FP95-23 se alimenta desde la fila 15 hasta la fila 21.

Al término de la etapa Medir del ciclo DMAIC se ha desarrollado el análisis ANOVA determinando la varianza que existe entre las medias de cada máquina empacadora y las brechas existentes entre ellas con el soporte del Software estadístico Minitab. Finalizando esta etapa se tiene el layout de producto, dicho en otras palabras, es la distribución de las filas de galleta que llegan a cada máquina empacadora.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA DE MEJORA

Continuando con el desarrollo del ciclo DMAIC, es importante identificar cada una de sus etapas por la contribución que hace cada una de ellas al desarrollo de la metodología y los resultados que se obtiene en cada fase. A partir de la etapa de análisis se consideró como el inicio de la propuesta de mejora para este estudio.

4.1. Fase Analizar

“La vida es el arte de sacar conclusiones suficientes con datos insuficientes”. Frase mencionada por el escritor inglés Samuel Butler [25].

Uno de los más grandes desafíos para encontrar una posible solución dentro de un proceso es lo que refleja la frase anteriormente mencionada; esto quiere decir que se debe contar con los datos que permitan analizar la situación y encontrar las causas raíz de la(s) falla(s) detectada(s), sin tener que asumir las percepciones de lo que está pasando, lo cual es insuficiente para detectar las causas que ocasionan las fallas en el proceso analizado [16].

Emitiendo un concepto más específico de esta etapa: Consiste en el análisis de la información conseguida en la etapa de medición, para establecer la diferencia entre el desempeño actual del proceso y el rendimiento previsto. Cualquier variación en el proceso también será inspeccionada y documentada durante esta etapa. Para ello, se estableció un equipo multidisciplinario, el mismo que tuvo como objetivo analizar los datos e información disponible de las etapas anteriores y a su vez proponer las ideas de mejora o solución para la problemática que se viene tratando en este estudio.

El equipo de trabajo se conformó por 6 personas, quienes tienen varios años de experiencia en las funciones que desempeñan, ya que, para la conformación de este grupo de trabajo, no solo se mira la parte productiva como prioridad, sino también la inocuidad y la calidad de los alimentos. El integrante con menor tiempo de experiencia en sus funciones es de 3 años, tiempo prudente para conocer los procesos y el área en la que se desenvuelve. Por tal motivo el grupo se compuso por un Técnico de máquinas, un Maquinista, un Hornero, un Supervisor de calidad, el Supervisor de mantenimiento Mecánico y finalmente el Supervisor de Producción.

Con el equipo de trabajo muy bien conformado, era imprescindible dotar de la mayor cantidad de información, detalles de proceso y datos, que puedan guiar al grupo de trabajo a un análisis más profundo y por consecuencia a tomar mejores decisiones al momento de plantear las posibles soluciones a la problemática.

Con el análisis ANOVA desarrollado en la etapa anterior, se definió la variación de peso existente entre las empacadoras, obteniendo con este análisis que la mayor diferencia se da entre el peso de la máquina FP95-19 y de la máquina FP95-23.

A más de conocer la situación actual del sobrepeso y las brechas existentes en la diferencia de pesos de paquetes entre las máquinas empacadoras, se debe conocer el objetivo general planteado por la empresa, alcanzar un sobrepeso máximo del 3%. Este 3% convertido a gramos sería 2,1; por tal motivo el rango de peso permitido en especificación será de 70 a 72,1 gramos. Con el objetivo de evidenciar el porcentaje de datos que cumplen la especificación, se elaboró las gráficas (Figura 24 a la Figura 28) de distribución de los datos de cada máquina, los resultados se muestran a continuación:

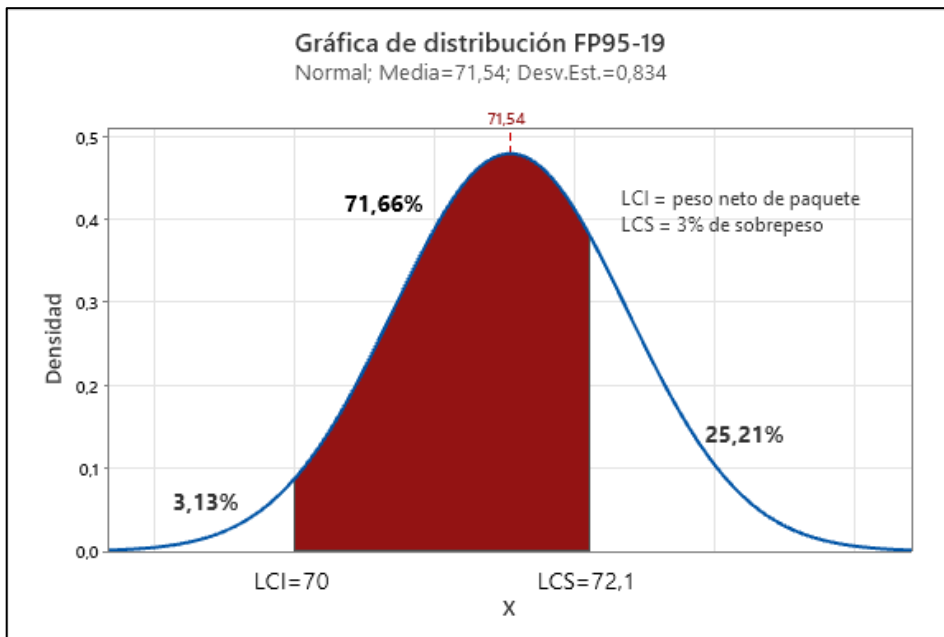


Figura 24. Gráfica de distribución de datos de la máquina FP95-19.

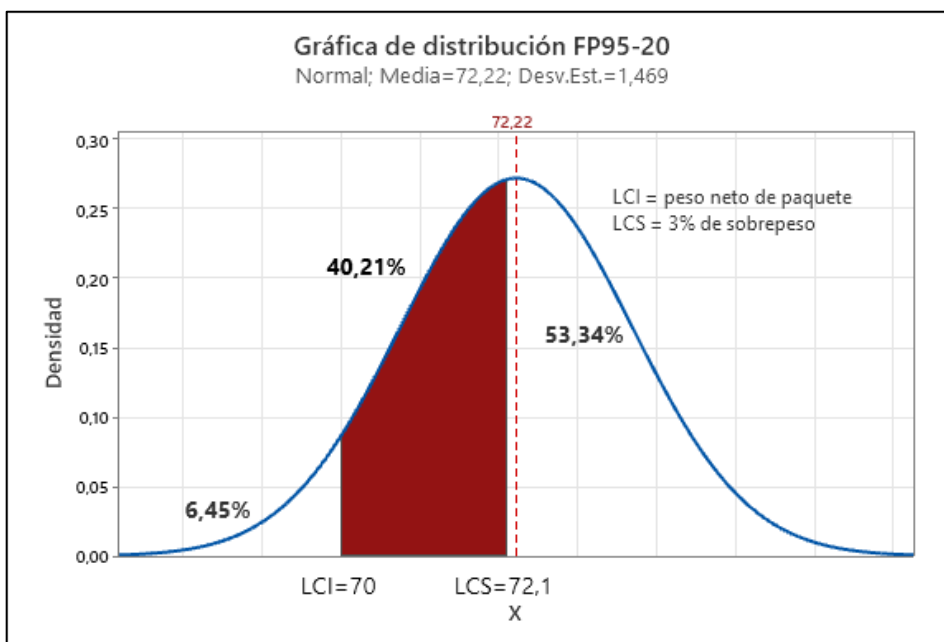


Figura 25. Gráfica de distribución de datos de la máquina FP95-20.

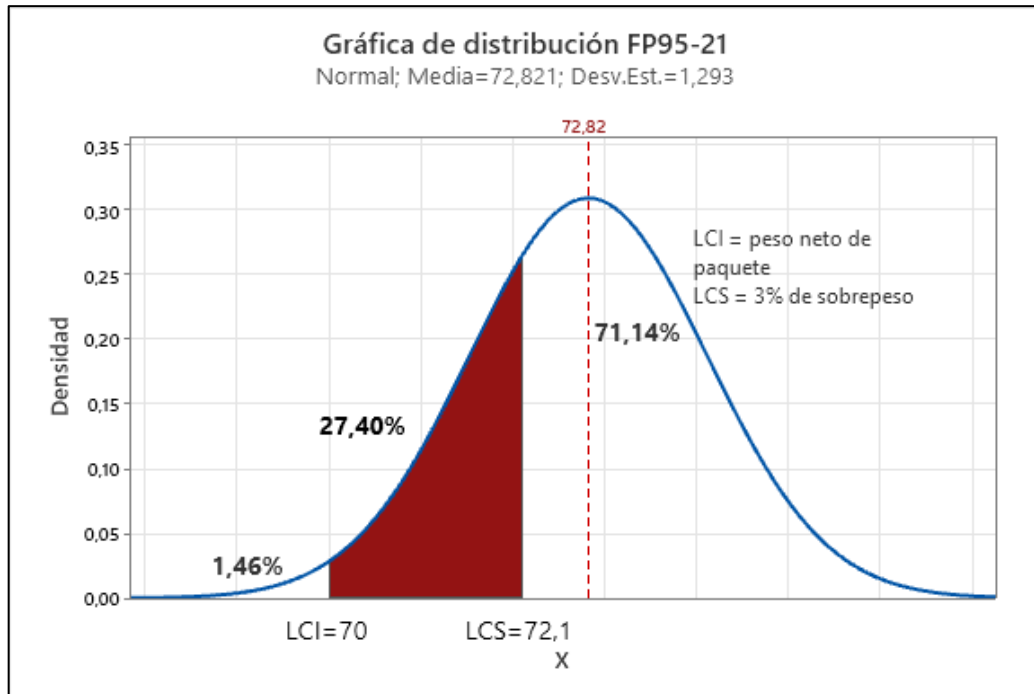


Figura 26. Gráfica de distribución de datos de la máquina FP95-21.

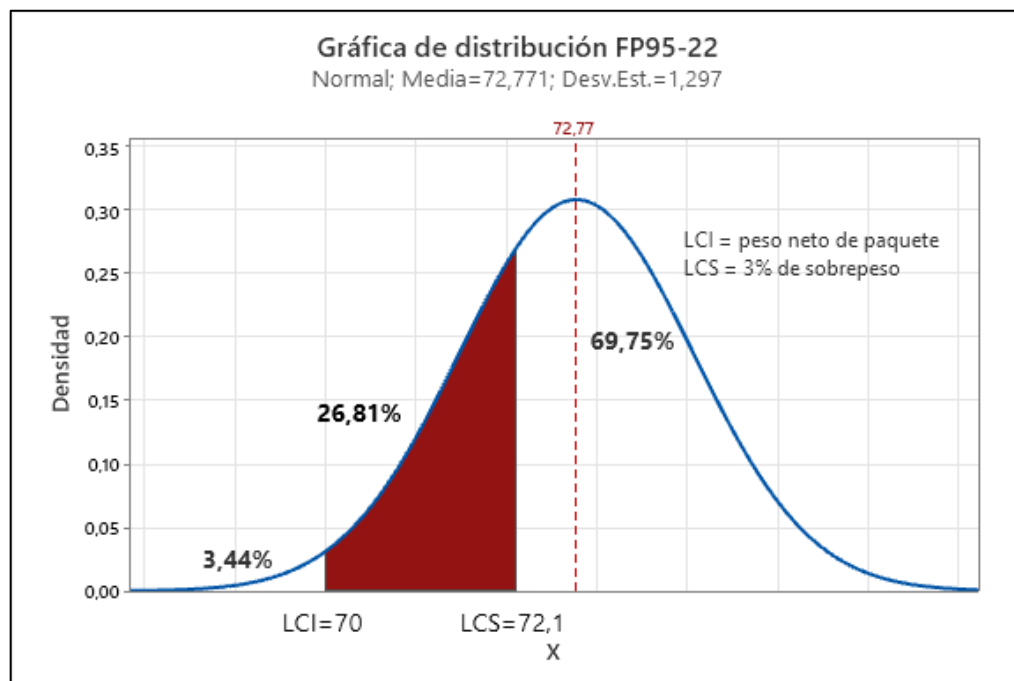


Figura 27. Gráfica de distribución de datos de la máquina FP95-22.

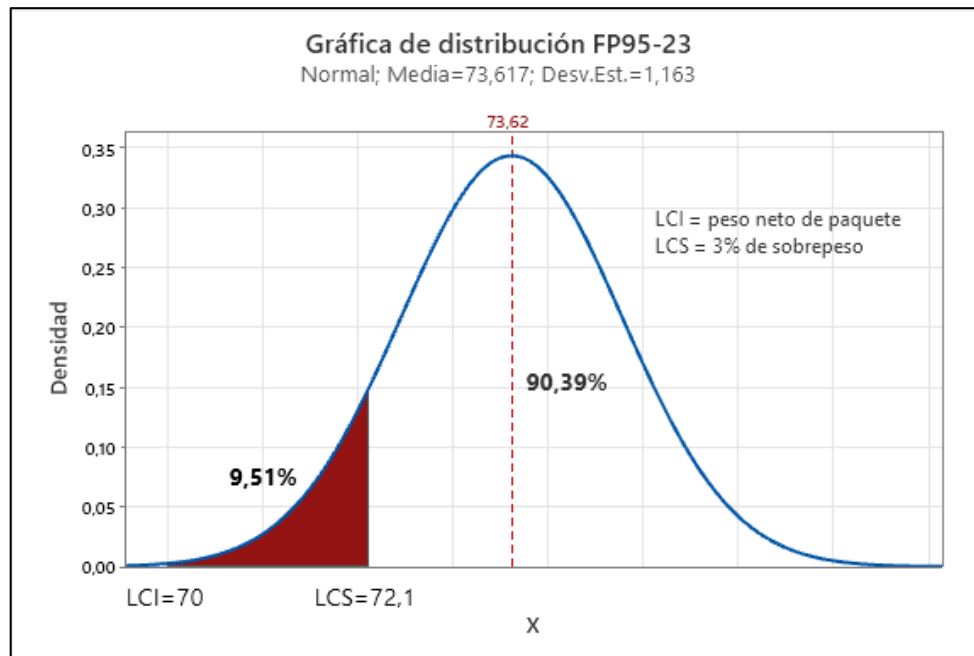


Figura 28. Gráfica de distribución de datos de la máquina FP95-23.

Una vez presentadas las gráficas de distribución de cada una de las máquinas empacadoras, se construyó un cuadro resumen en el cual se detalló los resultados obtenidos por cada máquina (Tabla 4).

Por ejemplo, analizando el caso particular de la máquina FP95-19; se visualiza que tiene el 72% de los datos dentro del estándar (70 – 72,1 gramos), el 25% de datos están fuera del estándar (sobrepeso mayor a 3%) y finalmente por debajo del estándar se encuentra un 3% de los datos tomados, esto quiere decir que no cumple ni el peso neto, que es el peso mínimo que debe tener cada paquete.

Tabla 4. Resumen de los resultados obtenidos de las gráficas de distribución de los datos en cada máquina empacadora.

	Dentro del estándar	Sobre el estándar	Bajo el estándar
FP95-19	72%	25%	3%
FP95-20	40%	53%	6%
FP95-21	27%	71%	1%
FP95-22	27%	70%	3%
FP95-23	10%	90%	0%
PROMEDIO	35,1%	62,0%	2,9%

En resumen, es importante conocer, entender y determinar de manera objetiva las conclusiones adecuadas de la Tabla 4, que indica la amplitud y variación de los datos en cada máquina. Analizando los resultados de forma global se tiene aproximadamente un 3% de los datos, están por debajo de la especificación; aproximadamente el 35% está dentro de especificación y finalmente un 62% de los datos se encuentran fuera de especificación, ósea con un sobrepeso mayor al 3%, siendo este el objetivo principal a ser abordado en este estudio.

Una de las mejores herramientas para la identificación de procedencias de un problema es el famoso **Diagrama Ishikawa** o Diagrama Espina de Pescado. Es una herramienta que ayuda a localizar los problemas de toda índole que se pudieran presentar en un proceso y da solución al representar de forma gráfica los factores que involucran la ejecución de un procedimiento. Además, es conocido como Diagrama Causa Efecto.

En muchas agrupaciones se ignora que elementos o acciones detienen el alcance de sus metas. Si no se detecta a tiempo y se continúa repitiendo la forma de hacer las cosas, seguiremos repitiendo los resultados negativos y costosos.

Para eso se creó el diagrama Ishikawa, con el objetivo de encontrar la raíz de las fallas. Queda totalmente claro que un resultado negativo no se genera por una sola actividad, si no por varias que se van sumando.

Los procesos de fabricación frecuentemente aplican sistemas complejos, por lo que es necesario que en la investigación y construcción del diagrama participe la mayor

cantidad de gente competente, en particular los propios usuarios [26]. Por tal motivo la importancia del equipo multidisciplinario que se creó en esta fase de análisis.

En la Figura 29 se muestra el Diagrama Ishikawa elaborado con el importante aporte de cada uno de los participantes del equipo de trabajo. Este diagrama recibe su nombre de Espina de Pescado por su forma muy similar a la de un pescado: cabeza, espina y espinas menores. En la cabeza se ubica el problema y en las espinas se coloca las posibles causas de dicho problema, las espinas grandes también tienen espinas más pequeñas, con las que se determinan las causas menores. Cada una de las espinas principales representa una de las 5M, método, mano de obra, medio, materia prima y maquinaria; en base a estos criterios se van colocando cada una de las posibles causas del problema del sobrepeso en la galleta.

El Diagrama Ishikawa mostrado en la Figura 29 consta de ocho causas o espinas mayores y siete sub-causas o espinas menores. Las cuales se encuentran en las ramificaciones del diagrama, distribuidas en cada una de las 5M: Mano de Obra, Método, Medio Ambiente, Materia Prima y Maquinaria. Como se mencionó anteriormente no todas las fallas pueden ser tratadas para corregir cierto problema, pero si se debe identificar eficientemente las causas a ser tratadas. Por tanto, se elaboró un cuadro con la ponderación de las causas obtenidas del Diagrama Ishikawa, tomando en cuenta tres criterios: frecuencia, gravedad y detectabilidad, dándoles una calificación cuantitativa respecto a la incidencia de cada uno de los criterios mencionados, teniendo los siguientes valores: 1 bajo, 3 medio y 5 alto.

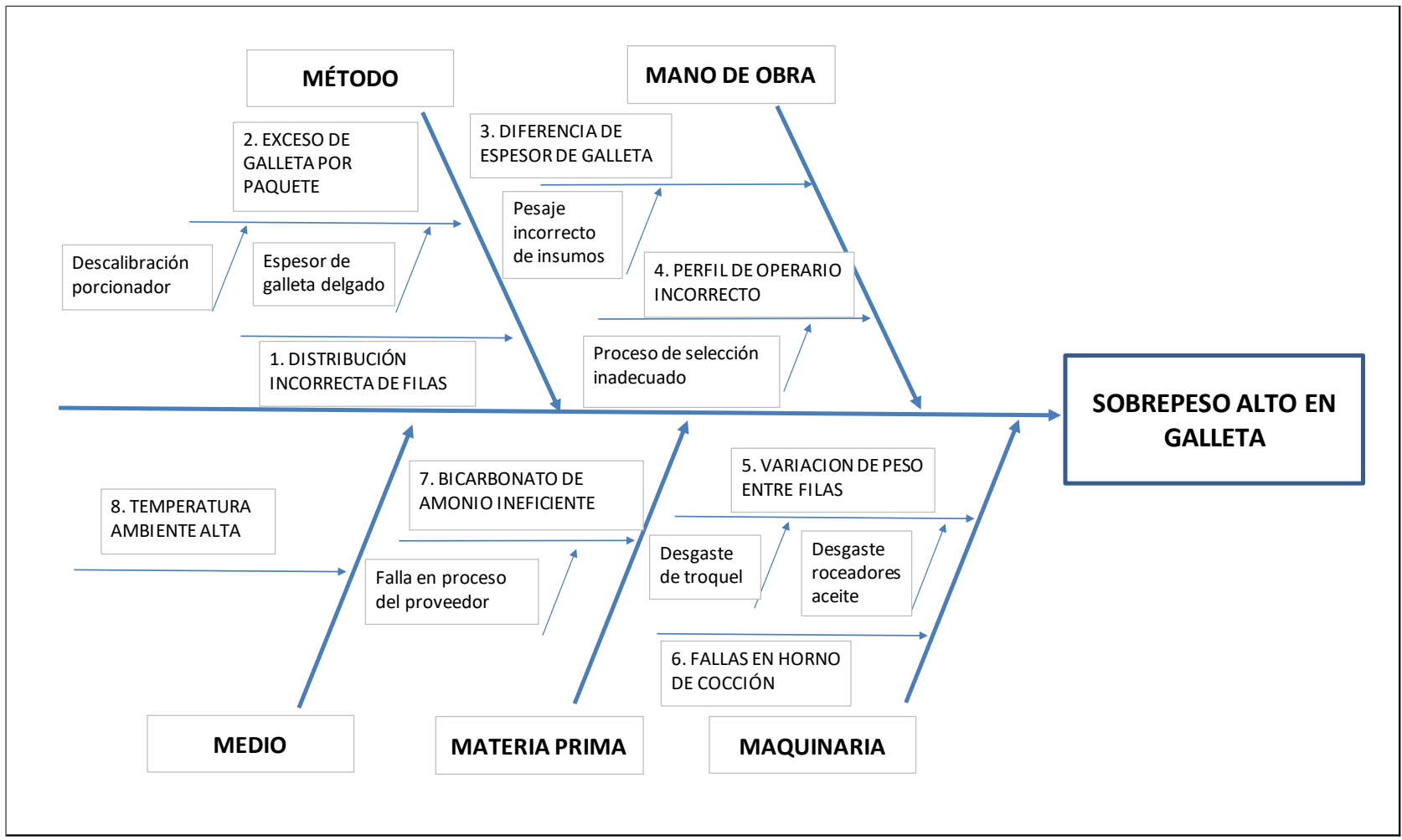


Figura 29. Diagrama de Ishikawa del sobrepeso en la galleta.

PONDERACIÓN DE LAS CAUSAS PARA EL SOBREPESO DE LA GALLETA					
CAUSAS		FRECUENCIA	GRAVEDAD	DETECTABILIDAD	TOTAL
2	EXCESO DE GALLETA POR PAQUETE	3	5	3	45
3	DIFERENCIA DE ESPESOR DE GALLETA	1	5	1	5
4	PERFIL DE OPERARIO INCORRECTO	1	5	3	15
5	VARIACION DE PESO ENTRE FILAS	3	3	3	27
6	FALLAS EN HORNO DE COCCIÓN	1	3	3	9
7	BICARBONATO DE AMONIO INEFICIENTE	1	1	3	3
8	TEMPERATURA AMBIENTE ALTA	3	1	5	15

CORTO PLAZO
LARGO PLAZO
MEDIANO PLAZO

1	BAJO
3	MEDIO
5	ALTO

Figura 30. Ponderación de causas obtenidas en el Diagrama Ishikawa.

Con la ponderación realizada en la Figura 30 se definió las causas a ser trabajadas para la disminución del sobrepeso, en este caso se trabajará en la **distribución incorrecta de filas y el exceso de galleta en el paquete** ya que son las causas con mayor puntaje después de evaluar tres factores en todas las posibilidades: frecuencia, gravedad y detectabilidad, adicional se puede evidenciar que estas causas no requieren una inversión mayor y las acciones para corregirlas son de aplicación inmediata.

Como información adicional, se tomó varias muestras para determinar el peso húmedo o peso con aceite promedio de cada fila de galleta (33) a la salida de la aceitadora, con el cual se corroboró lo que se visualiza en la gráfica de distribución de filas a cada máquina empacadora (Figura 23) y confirmando la gráfica de comparación de varianzas de los pesos promedio de las empacadoras (Figura 20), se ratifica que el peso de la galleta viene dado desde el área de formado o troquelado, en la cual varios rodillos laminadores determinan el peso con el que la galleta ingresa al horno, mostrando un menor peso de galleta en los extremos el cual va incrementando hacia las filas del centro de la banda, lo que representa que la máquina empacadora FP95-23 presentará un mayor sobrepeso de paquetes, ya que todas las filas del centro de la banda se alimentan a la máquina mencionada.

En la Figura 31 se visualiza el comportamiento de las filas a lo ancho de la banda de la línea de proceso, en la cual no se colocó todos los valores del peso de cada fila, solamente se colocó ciertos valores como referencia. Se evidencia una variación de peso entre las filas de los extremos vs las filas de la mitad de la banda de enfriamiento, teniendo una diferencia de 1,73gr entre la fila 17 a la fila 1, lo cual corresponde a un 2,5% de sobrepeso con respecto a los 70gr que es el peso neto de un paquete. Adicionalmente se evidencia la tendencia de incremento de peso desde las filas de los extremos hacia el medio de la banda de salida del horno.

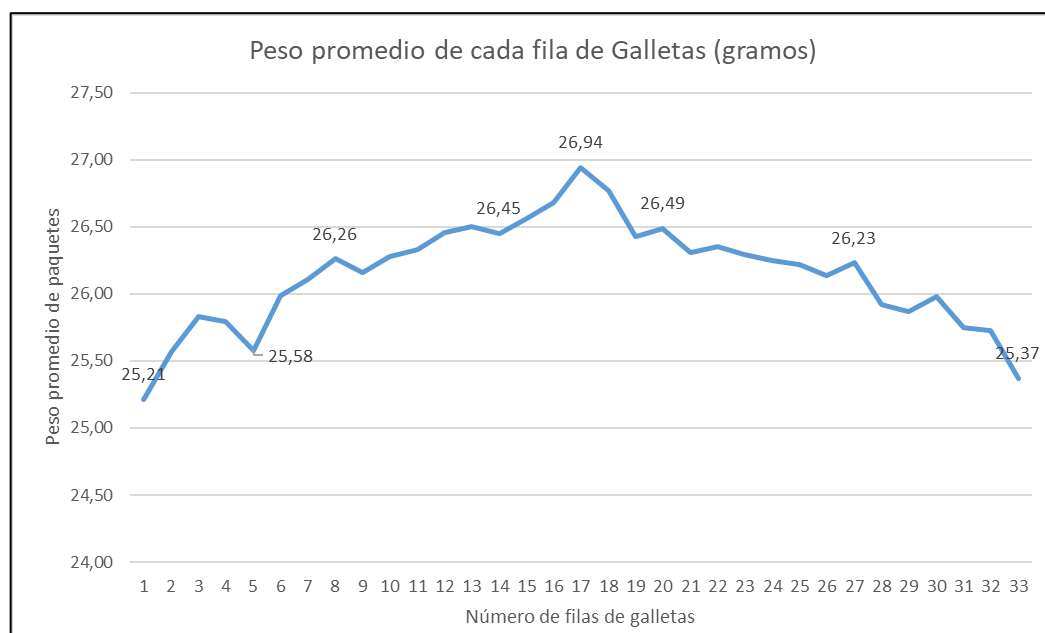


Figura 31. Pesos promedio de cada fila de galletas que tiene la banda de salida del horno.

A continuación, se describen las siguientes conclusiones de esta etapa:

Con las gráficas de distribución de datos de cada una de las empacadoras, se determinó que un 62% de los datos está por fuera (sobre) de especificación (70-72,1g), por tal motivo el enfoque en mejorar este porcentaje es primordial.

Con el diagrama Ishikawa se identificaron varias causas responsables del sobrepeso en la galleta, sin embargo, no se pueden atender todas las causas a la vez por las diferentes condiciones que tiene cada una de ellas, como puede ser, una mayor inversión económica, acciones a tomar con resultados a largo plazo, entre otras. Por

tal motivo con la ponderación realizada y un análisis profundo con el equipo multidisciplinario, se tomó en cuenta todas esas variables y condiciones eligiendo las dos causas que no requieren mayor inversión de recursos, aplicación inmediata de acciones correctivas y los resultados a corto plazo: Distribución incorrecta de filas y Exceso de galletas por paquete.

Finalmente se desarrolló la gráfica del peso promedio de cada fila de galletas, mostrando la variación existente entre las filas de los extremos y las filas de la mitad de la banda de enfriamiento de la línea de proceso LD. Esto ayudó a evidenciar el comportamiento del peso de la galleta a lo ancho de la banda de enfriamiento, siendo el complemento ideal para la gráfica de distribución de filas que se distribuyen a cada máquina empacadora.

4.2. Fase Mejorar

La etapa de mejora representa a la búsqueda de las variables que tienen mayor influencia en la variabilidad y la determinación de los niveles en el que deben operar para obtener el mejor desempeño del proceso [21].

Básicamente es la hora de analizar las causas raíz de la problemática que está siendo tratada y encontrar las mejores alternativas para disminuir el sobrepeso actual en la galleta. Una vez definidas las causas que determinan este sobrepeso, con el equipo de trabajo multidisciplinario conformado en la etapa anterior se realizó un brainstorming o lluvia de ideas para definir las mejores soluciones a la problemática en estudio. La lluvia de ideas es una técnica que acepta opiniones de una o varias personas con el fin de establecer o encontrar una solución para un problema, además es una de las mejores herramientas para desbloquear la inventiva ya sea personal o de los miembros del equipo [27].

Basados en el diagrama Ishikawa (Figura 29) y su ponderación (Figura 30), el sobrepeso de la galleta viene dado por varios motivos, de los cuales se identificó dos causas para ser tratadas, una de ellas es la distribución incorrecta de filas que se alimentan a cada máquina empacadora conociendo la variación de peso existente a lo ancho de la banda de salida del horno (Figura 31) y la segunda es el exceso de galletas que se coloca en cada paquete.

Referente a la distribución de filas que van a cada máquina empacadora (Figura 23) y el comportamiento del peso promedio de cada fila de galletas (Figura 31), se busca la mejor distribución de las filas de galleta que llegan a cada empacadora, tratando de balancear el peso, las filas de bajo peso (extremos de la banda) con las de alto peso (media banda). La nueva distribución de filas que se alimentan a cada máquina se visualiza a continuación en la Figura 32.

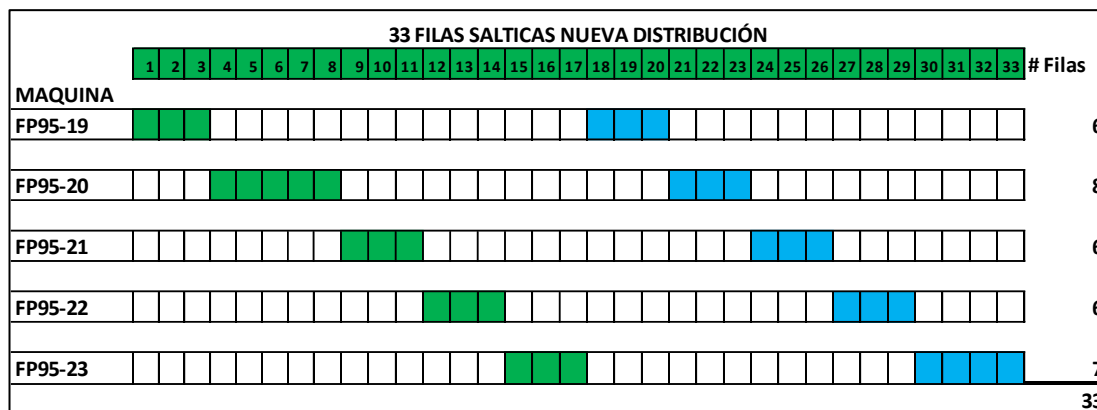


Figura 32. Nueva distribución de filas de galleta a cada máquina empacadora.

A partir de la figura anterior, todas las imágenes serán generadas en función de las mejoras realizadas en el proceso de empaqueo.

Como segunda causa a ser tratada para la disminución del sobrepeso se identificó el exceso de galleta en los paquetes, la cantidad de galleta que ingrese en los paquetes es definido por dos puntos, el espesor de la galleta y la correcta calibración del porcionador. Elemento mecánico que regula la longitud del paquete, dicho de una manera más precisa, este equipo regula la cantidad de galletas que son empacadas en cada paquete. En este caso se ha venido manteniendo un rango de trabajo de 150 a 160 mm (antes del proceso de mejora) sin tomar en cuenta que, con este rango de porcionador en cada paquete podría ingresar una o dos galletas extras, las cuales son las causantes del sobrepeso en los paquetes.

Es importante considerar que, desde este punto en adelante, hablaremos mucho de las muestras que se toman en el proceso, por tal motivo cabe mencionar que una muestra se compone de 10 galletas, a las cuales se les mide varias características físicas en cumplimiento a la especificación. Esta especificación es un documento generado por el área de Investigación y Desarrollo (I&D), en el cual se define todos parámetros a ser medidos en los productos que se elaboran en el complejo industrial (espesor, diámetro, peso, ph, humedad, entre otros). De igual manera para la toma de muestras el área de I&D tiene definido en especificación que una muestra contiene 10 galletas, con el objetivo de abarcar mayor cantidad de datos que únicamente tomar una galleta;

por ejemplo, en la galleta en estudio, el troquel (molde) contiene 33 filas, si queremos tomar una muestra de cada fila se tomaría apenas 33 galletas, pero con el procedimiento de muestreo establecido se toma 330 galletas.

Al revisar y analizar esta especificación técnica con la que se debe controlar la producción de la galleta Salticas, se tiene las siguientes medidas a cumplir para obtener el peso neto ideal del paquete (70gr): ESPESOR entre 54 a 56 mm; PESO entre 25 a 26 gr. Lo que quiere decir que una galleta debería pesar 2,5gr y tener espesor de 5,4mm, así, para obtener un peso de 70 gramos, el paquete debería contener 28 galletas y una longitud de paquete de 151,2 mm.

Al trabajar con un rango de longitud de paquete o porcionador de hasta 160 mm, los paquetes obtenidos con esta calibración alcanzarán a tener entre 29 a 30 galletas, lo que arrojaría un peso de paquete de entre 72,5 a 75 gr; sin embargo, al ser un proceso de transformación de materias primas a producto terminado pasando por un proceso de cocción, existirá siempre una variación en los productos obtenidos, esta variación se busca minimizar reduciendo el rango de trabajo del porcionador a un rango de 5mm, siendo así este sería de 150 a 155 mm; el cual entregaría paquetes de 28 o máximo 29 galletas. Lo mencionado anteriormente se plasmó en un documento o instructivo de trabajo para el buen uso y calibración adecuada del porcionador en las máquinas empacadoras FP95 (Anexo 4).

Después de llevar a cabo el cambio antes mencionado correspondiente al rango del porcionador en las cinco empacadoras, se mantuvo por varios turnos de trabajo con el objetivo de tomar datos y analizar parámetros similares a los utilizados en la etapa de medición para determinar la línea base de este estudio.

Con los cambios realizados en el proceso de empaque de galletas, tanto en la calibración del porcionador y la redistribución de las filas de galletas que van a cada máquina empacadora, es necesario levantar nuevamente información respecto al peso de paquete de cada máquina empacadora para generar los análisis pertinentes y comparar la situación inicial que se tenía de esta problemática versus los resultados con las mejoras realizadas. Con el propósito de identificar la nueva variación existente

Tabla 5. Método de Taguchi con la mejor combinación de las variables controlables y sus salidas medibles (Peso de Paquete).

# Combinaciones	Variables controlables			PESO PAQUETE
	LP	EG	PG	
1	150	5,4	2,5	69,5
2	150	5,5	2,6	70,02
3	150	5,6	2,7	73,08
4	155	5,4	2,6	71,24
5	155	5,5	2,7	72,78
6	155	5,6	2,5	72,89
7	160	5,4	2,7	72,45
8	160	5,5	2,5	73,23
9	160	5,6	2,6	72,43

entre los pesos de paquete y tomando en cuenta las variables controlables que se manejan en el proceso de empaque de galletas y ya mencionadas anteriormente: longitud de paquete (LP), espesor (EG) y peso de galleta (PG), se realizó la búsqueda de la combinación y la cantidad más acertada de número de muestras a tomar, esto basado en la metodología de Taguchi y mostrada en la Tabla 5.

La Tabla 5 está compuesta de las 3 variables controlables que tiene el proceso de empaque y la salida medible que viene a ser el peso de paquete que se obtiene con cada una de las 9 combinaciones realizadas. El mejor resultado se encuentra en la combinación 4 subrayada de color verde, con un peso de paquete de 71,24 gramos, el cual viene obtenido con una longitud de porcionador de 155 mm, galleta de 5,4 mm de espesor y un peso de 2,6 gramos.

Con la información de la Tabla 5, se conoce que se debe efectuar 9 combinaciones en cada una de las 33 filas de galletas que componen esta línea de proceso, siendo un total de 297 muestras, sin embargo por el cambio de turno de los maquinistas y con el objetivo de evaluar tres turnos de 12h de trabajo se tomó muestras de cada máquina empacadora por 36 horas seguidas en condiciones normales de trabajo de los equipos (horno y empaque), en este muestreo se obtuvo 360 datos de cada una, con esta data y por medio del análisis ANOVA, se determinó lo siguiente:

Hipótesis nula (Ho): las medias de las 5 máquinas empacadoras son iguales.

Hipótesis alterna (H1): las medias de las 5 máquinas empacadoras NO son iguales.

Si $p\text{-value} \geq \alpha \rightarrow$ No rechazar Ho

Si $p\text{-value} < \alpha \rightarrow$ Rechazar Ho (aceptar H1)

Método	
Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia α	= 0,05
<i>Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.</i>	

Figura 33. Detalle de las variables utilizadas en el nuevo análisis ANOVA.

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Factor	4	6,16	1,5400	1,59	0,176	
Error	1795	1743,80	0,9715			
Total	1799	1749,96				

Figura 34. Análisis de Varianza perteneciente al nuevo análisis ANOVA.

La Figura 34 muestra el valor de p-value es mayor a 0,05, por tal motivo $p\text{-value} (0) > \alpha (0,05)$; entonces se debe aceptar Ho (rechazar H1). La aceptación de la hipótesis nula Ho, se traduce en que todas las medias son iguales. No existe diferencia significativa entre las medias del peso de paquete de cada máquina empacadora, con un nivel de significancia de 0,05.

Como complemento del análisis ANOVA se realizó la comparación gráfica de las varianzas de las medias, soportados en el método comparativo Tukey con un nivel de confianza del 95%.

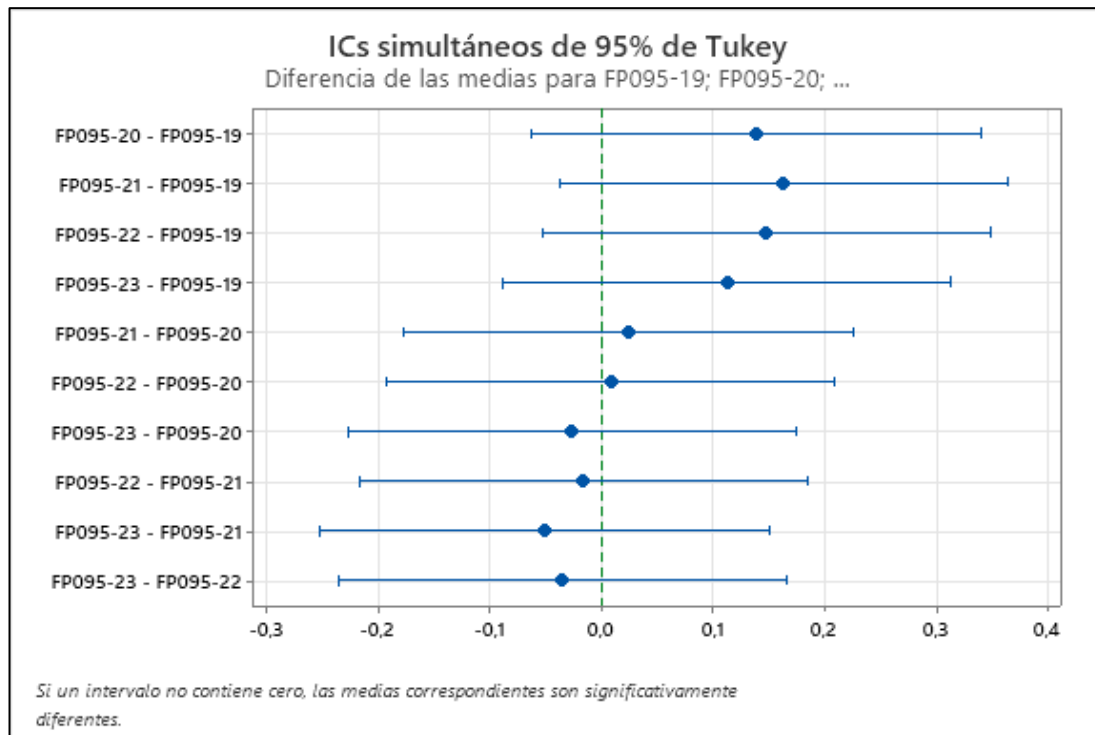


Figura 35. Análisis de Varianza con el método de comparación Tukey, con un nivel de confianza del 95%, después de la mejora realizada al proceso.

Los intervalos de confianza mostrados en la Figura 35, es una comparación gráfica que realiza el software estadístico Minitab para corroborar o confirmar lo enunciado anteriormente en la aceptación de la Hipótesis nula (H_0), la cual decía que la medias son iguales y no tienen diferencia significativa. Cada una de las líneas mostradas en la gráfica, es una comparación entre máquina y máquina, siendo cero el punto central de la gráfica y el punto de comparación. En este caso se concluye que no existe diferencia significativa entre las 5 máquinas, ya que todas las medias contienen cero.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
FP095-21	360	72,1251	A
FP095-22	360	72,1094	A
FP095-20	360	72,1005	A
FP095-23	360	72,0744	A
FP095-19	360	71,9620	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 36. Complemento del método de comparación Tukey, con un nivel de confianza del 95%.

La Figura 36 muestra de manera textual la comparación que realizó el método Tukey, los resultados expuestos en la columna “Agrupación” indican que no existe diferencia significativa ya que todas están alineadas con la agrupación A.

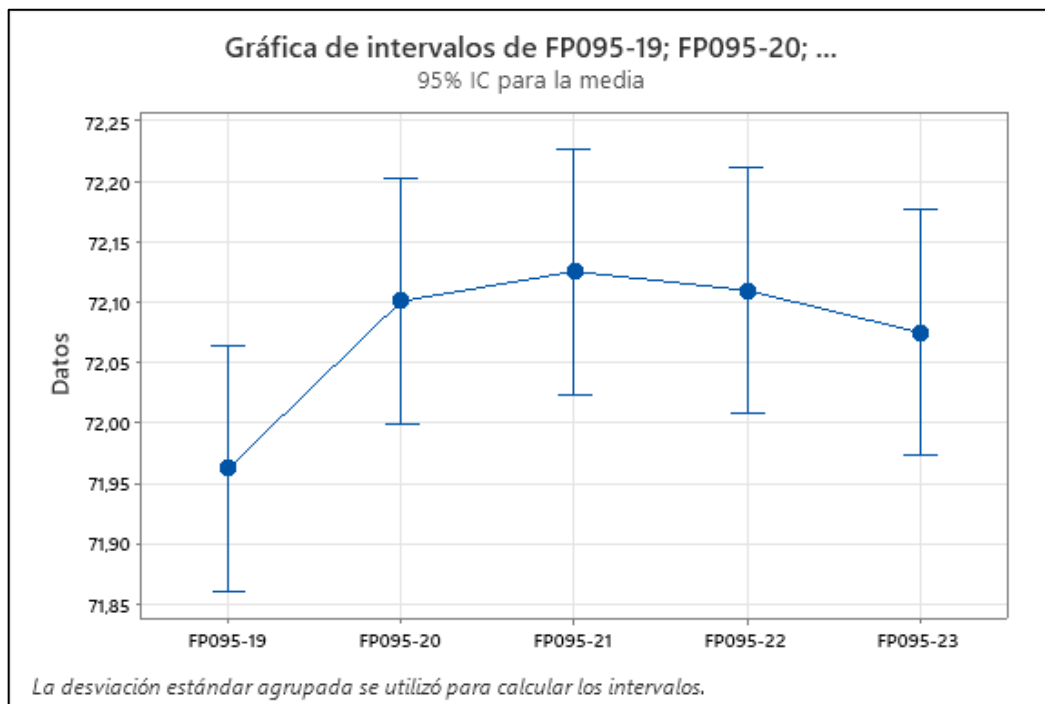


Figura 37. Gráfica de intervalos de la FP95-19 hasta la FP95-23 con índice de confianza de 95%.

Finalmente, en la Figura 37 se muestra el peso promedio que tiene cada máquina empacadora. Al hacer un comparativo de los pesos promedios obtenidos en la Figura 36 y tomando siempre la mayor brecha existente (diferencia que existe entre el peso más bajo y el peso más alto de las 5 empacadoras), la variación ha disminuido de 2,07 a 0,17 gramos. Lo cual quiere decir que esta brecha o diferencia de peso ha disminuido un 92% y el comportamiento de los pesos en cada máquina es muy parejo después de las mejoras realizadas al proceso.

Siguiendo con los análisis correspondientes para verificar la mejora del sobrepeso, se elaboró las gráficas de distribución de datos de cada máquina empacadora (Figura 38 a la Figura 42), a continuación, el detalle de las gráficas mencionadas:

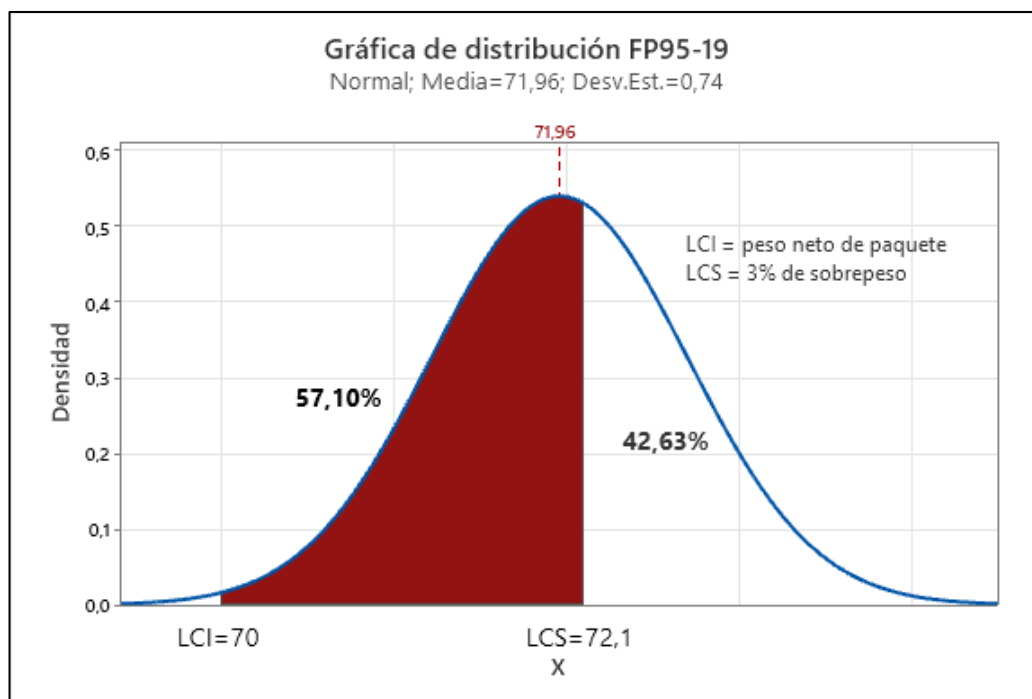


Figura 38. Gráfica de distribución de la FP95-19, aplicada la mejora del proceso de empaque.

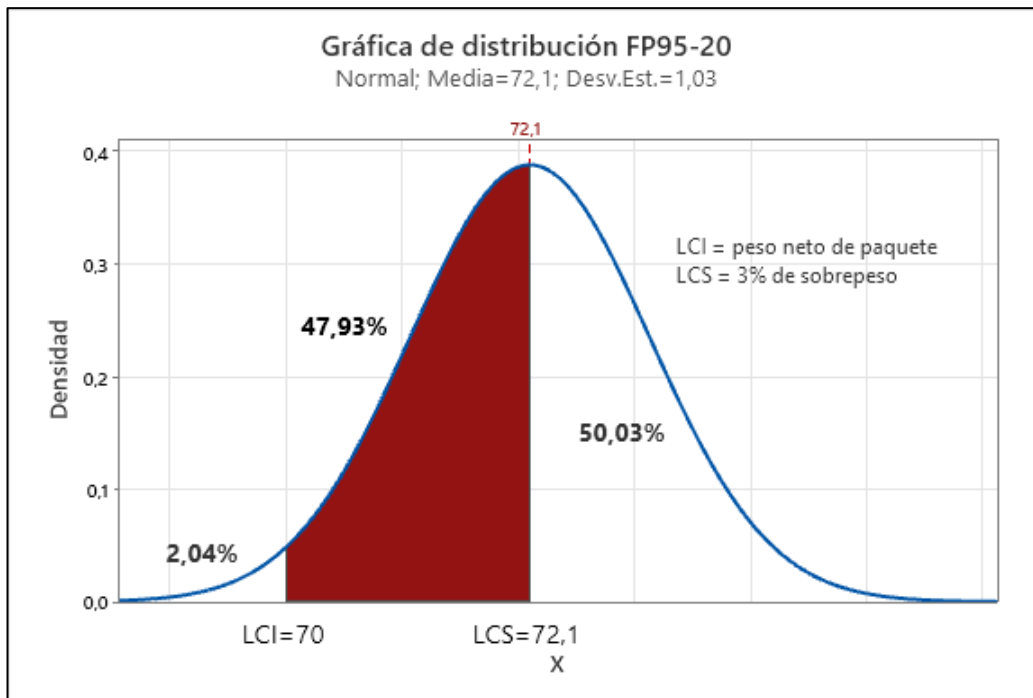


Figura 39. Gráfica de distribución de la FP95-20, aplicada la mejora del proceso de empaque.

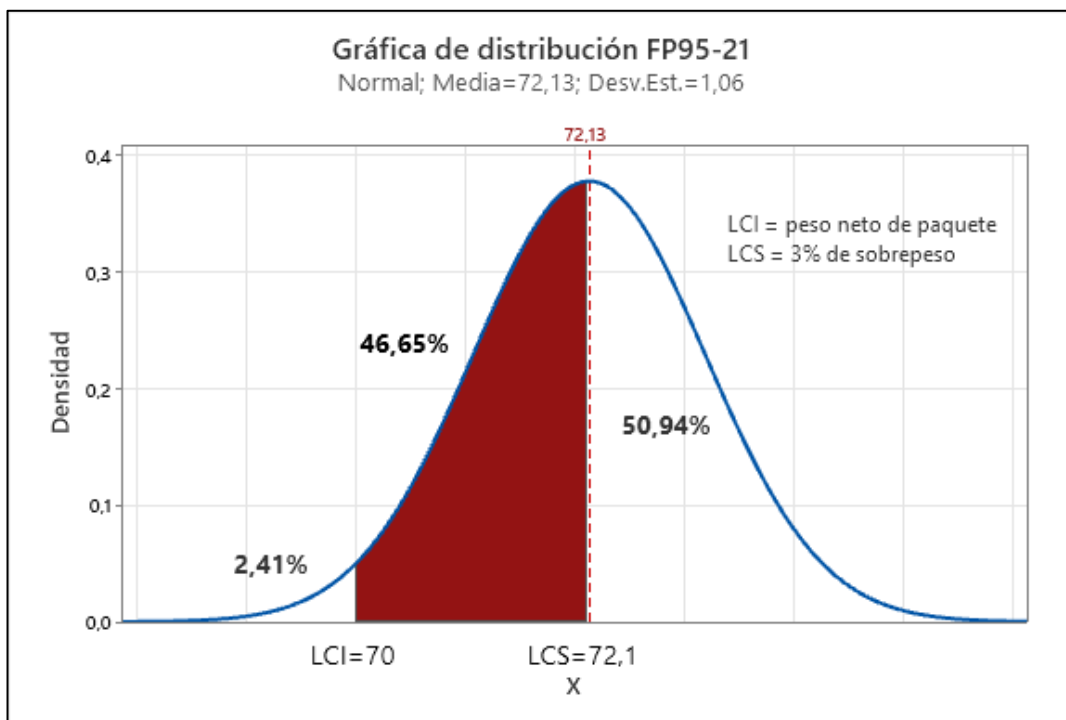


Figura 40. Gráfica de distribución de la FP95-21, aplicada la mejora del proceso de empaque.

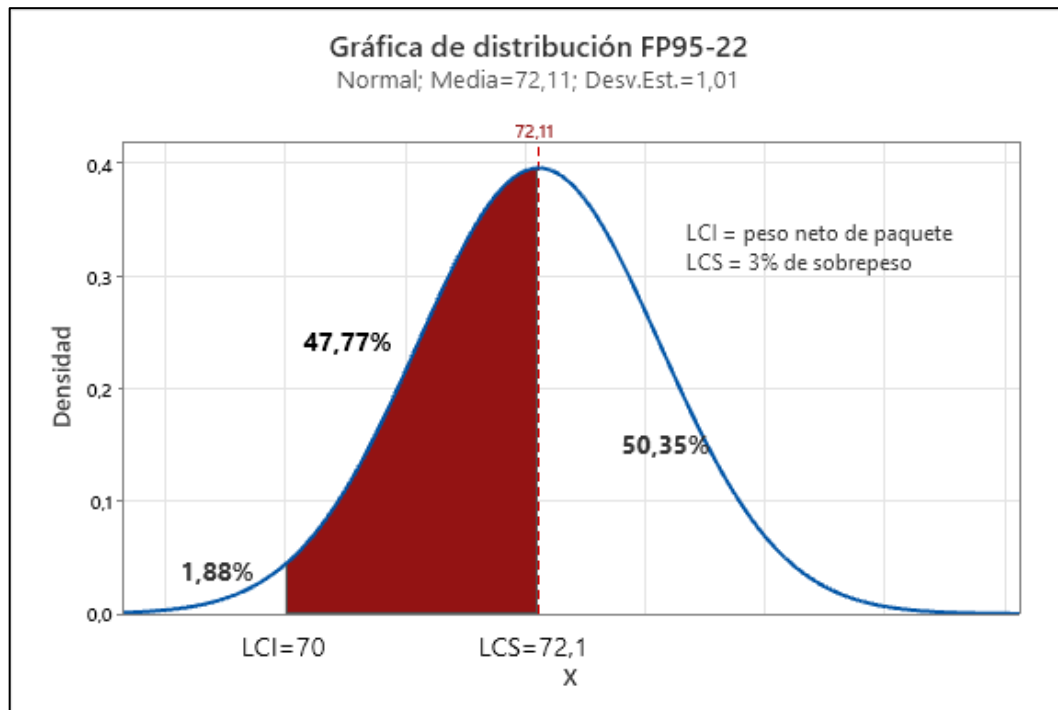


Figura 41. Gráfica de distribución de la FP95-22, aplicada la mejora del proceso de empaque.

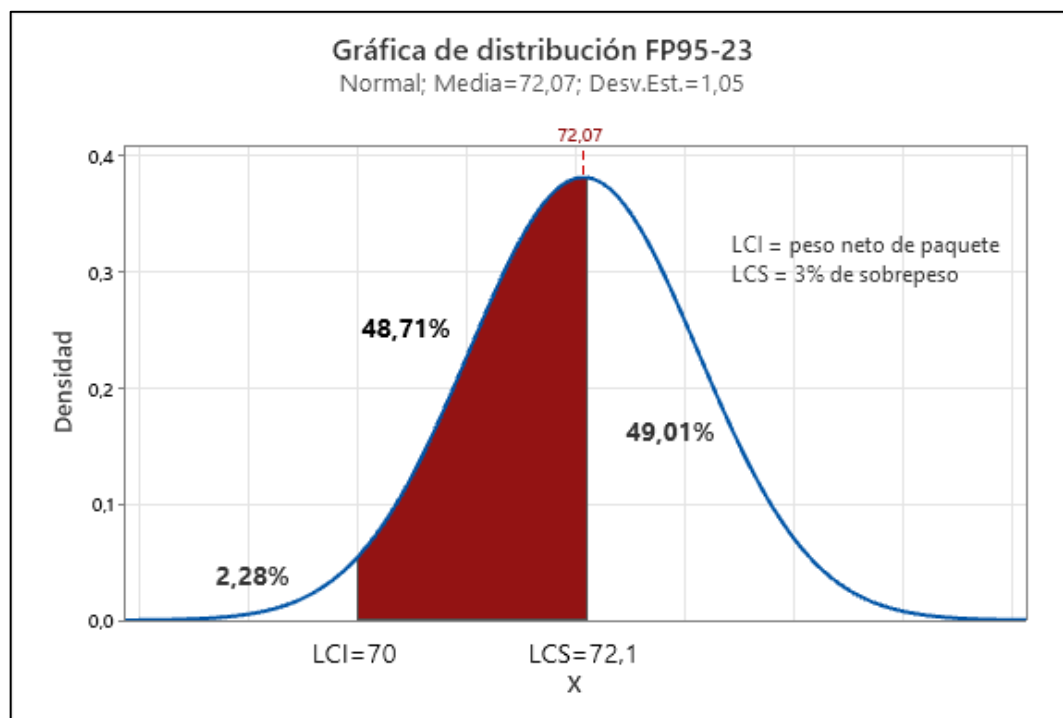


Figura 42. Gráfica de distribución de la FP95-23, aplicada la mejora del proceso de empaque.

Tabla 6. Comparación de resultados obtenidos de las gráficas de distribución de cada máquina empacadora Situación actual Vs. Mejora de proceso.

	DENTRO DEL ESTANDAR		SOBRE EL ESTANDAR		BAJO EL ESTANDAR	
	actual	mejora	actual	mejora	actual	mejora
FP95-19	72%	57%	25%	43%	3%	0%
FP95-20	40%	48%	53%	50%	6%	2%
FP95-21	27%	47%	71%	51%	1%	2%
FP95-22	27%	48%	70%	50%	3%	2%
FP95-23	10%	49%	90%	49%	0%	2%
PROMEDIO	35,1 %	49,80%	62,0%	48,60%	2,9%	1,60%

En la Tabla 6 se observa una mejora en el porcentaje de datos dentro de especificación de un 35% que se tenía en la situación actual con la mejora se incrementó al 49,8% 50%. También se tiene una disminución en los datos que se encuentran sobre la especificación de 62% en la situación actual se redujo a un 48,6% y por último los datos que se encontraban por debajo del estándar de 2,9% se redujo a 1,6%. En términos generales se concluye que mejoró la cantidad de datos que se encuentran dentro de especificación, sin embargo, existe varias oportunidades de mejora adicionales para continuar reduciendo la dispersión de datos presentada en este análisis.

Por consiguiente, se plasmó en una tabla comparativa, los resultados de los pesos promedio obtenidos de cada máquina empacadora de la situación actual versus los resultados generados una vez realizada la mejora (Tabla 7).

Tabla 7. Comparación de pesos promedio de cada máquina empacadora Situación actual Vs. Mejora de proceso con su respectivo sobrepeso.

MÁQUINA	MEDIA (Peso gr.)		SOBREPESO	
	actual	mejora	actual	mejora
FP95-19	71,54	71,96	2,20%	2,80%
FP95-20	72,22	72,10	3,17%	3,00%
FP95-21	72,82	72,13	4,03%	3,04%
FP95-22	72,77	72,11	3,96%	3,01%
FP95-23	73,62	72,07	5,17%	2,96%
PROMEDIO	72,59	72,07	3,71%	2,96%

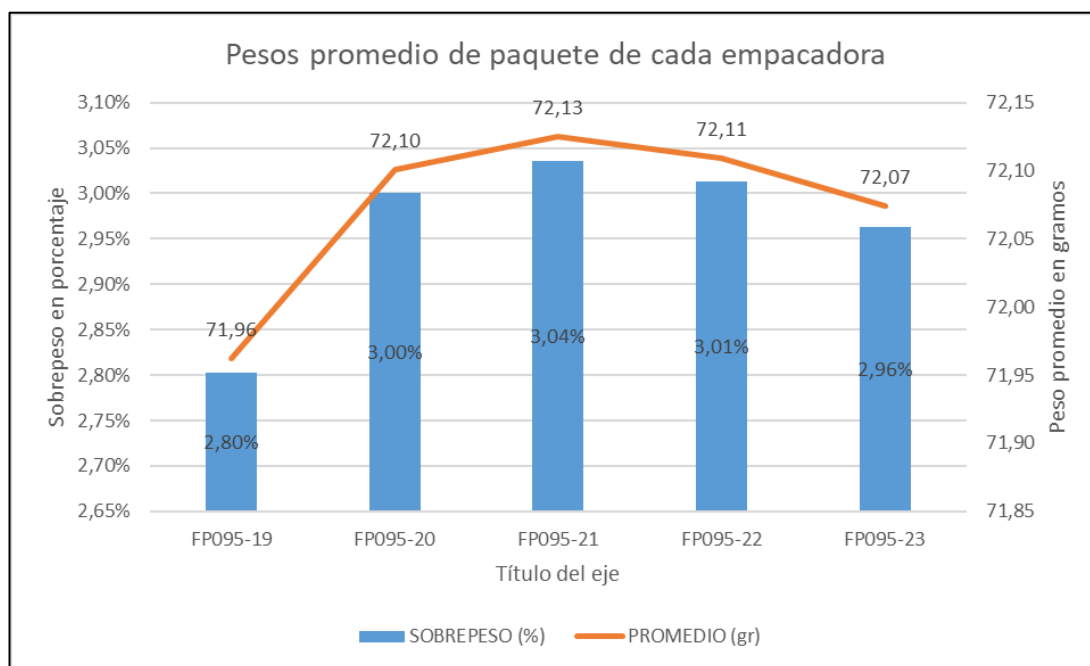


Figura 43. Pesos promedio de cada empacadora con su respectivo sobrepeso en porcentaje después de las actividades de mejora.

Definitivamente es de vital importancia conocer el costo de la merma que se genera y si existió un ahorro o no con esta reducción del sobrepeso. En la situación inicial se determinó el sobrepeso por dos caminos, el primero se genera a través del balance de masa que se realiza en los cierres de las ordenes de producción, el cual alcanzó un 3,89%; valor que fue corroborado con la toma de datos reales de la línea de proceso, los maquinistas encargados del control de las empacadoras toman cada hora una muestra (10 paquetes) de su máquina y registran en un archivo Excel el peso promedio de esa muestra, generando una data; de esta data levantada se calculó el sobrepeso real, obteniendo un resultado de 3,71%. Siendo un resultado muy apegado al valor inicial obtenido de los balances, valor que sirvió para el cálculo del costo del sobrepeso. Una vez realizada las mejoras en el proceso de empaque de galletas, se alcanzó un sobrepeso de 2,96% (Tabla 7), con este valor, al igual que al inicio del estudio se calculó el costo de la merma generada. Información que es presentada a continuación en la Tabla 7:

Tabla 8. Costo del sobrepeso con la mejora en el proceso.

KILOS PRODUCIDOS (ago, sep, oct 22)	SOBREPESO (kg)	COSTO DEL SOBREPESO (\$)
1.359.686	40.247	30.185

En la Tabla 8, se detalla el ahorro anual que se tendría con la disminución del sobrepeso a 2,96%, con los datos iniciales más los datos después de la mejora realizada, se obtuvo el ahorro trimestral y el ahorro anual, entregando un ahorro aproximado de \$38000 dólares.

Tabla 9. Ahorro anual por la disminución del sobrepeso de 3,89% a 2,96%.

COSTO DEL SOBREPESO INICIAL	COSTO DEL SOBREPESO MEJORADO	DIFERENCIA EN EL TRIMESTRE	AHORRO EN EL AÑO
\$ 39.669	\$ 30.185	\$ 9.484	\$ 37.935

4.3. Fase Controlar

La etapa de control del ciclo DMAIC crea un plan de monitoreo para medir las mejoras de los procesos y la permanencia en el tiempo de estas actividades. En este caso se requiere plasmar en un documento los cambios desarrollados en el proceso de empaqueo de galletas, con la finalidad de mantener sustentadas las actividades realizadas.

De acuerdo con lo mencionado se elaboró dos SOP, los cuales detallan los cambios realizados para la disminución del sobrepeso en el empaqueo de galleta Salticas, en el Anexo 2 se puede evidenciar a detalle el Procedimiento Operativo Estándar sobre el manejo y calibración del porcionador, el segundo SOP refiere a la distribución adecuada de las filas de galletas que se alimentan a cada máquina empacadora y se lo puede visualizar en el Anexo 3.

La importancia de crear un documento nuevo recae en realizar una correcta difusión y capacitación a todo el personal inmerso en el proceso de empaque para que se cumpla a cabalidad lo descrito en el nuevo instructivo, procedimiento, etc. De tal manera que los procedimientos operativos estándar elaborados, fueron plasmados en un documento a manera de presentación estableciéndolos como herramienta de capacitación tanto para el personal que opera las máquinas empacadoras, como para el personal nuevo o personal que es promovido a maquinista por su buen desempeño y conocimiento, es este caso se inició la capacitación con el personal que actualmente opera los equipos, la Figura 44 muestra como respaldo el acta del personal que fue capacitado sobre los dos nuevos SOP.

Finalmente, para determinar la efectividad de esta fase y de todo el ciclo DMAIC, se tiene mes a mes la elaboración de los balances de masa de la producción de la galleta Salticas, los cuales arrojan resultados positivos del sobrepeso. A continuación, en la Tabla 9 se muestra los resultados de la producción del primer trimestre del año 2023, manteniendo un promedio de sobrepeso de 2,69%, como todo proceso con sus respectivas variaciones, pero manteniendo menor al sobrepeso que se tenía en la situación inicial.

TALENTO HUMANO		REVISIÓN:	
Acta de Asistencia a Capacitación		16-06-22	
210-R-Registro-Acta de Asistencia a Capacitación		VERSIÓN: 1.1	
ELABORADO POR: Jefe de Talento Humano	APROBADO POR: Gerencia de Talento Humano	PÁGINA: 1 de 1	
Tema de la Capacitación:	MANEJO Y COLABORACIÓN DEL PORCIONADOR DE EMPACADORAS FP 95		
No. De Horas:	4 HORAS	Fecha de la Capacitación:	08/AGOSTO/23
Observaciones:			
Dirigido a:	MAQUINISTAS DE LA LINEA D		
PERSONAL ASISTENTE			
Nombres y Apellidos		Firma	
Katherine Estefanía Arangón Guagala			
Adrian Alexander Burga Tocagon			
Alejandro Renato Moracho Villa			
Jeferson Alexander Lamiago Yumbatipan			
Damián Fernández Fernando Blasini			
Edson Román Guaman Durango			
Jonathan Alpuerto Gutiérrez Napa			
Jairis Enrique López Loya			
Blanca Alexandra Huguí Sierra			
Manuel Omar Castro Costoche			
INSTRUCTOR:			
CRISTHIAN ESPINOSA			

Figura 44. Acta de capacitación sobre el manejo y uso del porcionador de las empacadoras FP95

Tabla 10. Balance de la producción de Salticas en los tres primeros meses 2023.

2023	% Rendimiento	% Miga Horno	% Miga Empaque	% Sobrepeso	TOTAL
enero	93,87%	1,00%	2,85%	2,28%	100,00%
febrero	95,07%	0,88%	1,22%	2,83%	100,00%
marzo	94,05%	1,67%	1,32%	2,96%	100,00%

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La línea base de esta problemática o sobrepeso inicial se determinó de dos maneras, una de ellas fue el sobrepeso obtenido por medio del balance de masa realizado al fin de producción 3,89% y el segundo método fue a través de la toma de datos in situ, pesos reales de paquetes de galletas en la línea de empacado, obteniendo un 3,71%, siendo un valor totalmente alineado al primer valor encontrado. Se determinó el costo del sobrepeso con el dato inicial, alcanzando un valor aproximado de pérdida para la compañía de \$ 150.000 dólares al año.
- En la aplicación del ciclo DMAIC, por menores o sencillas que sean las acciones tomadas para la mitigación del problema, se tienen excelentes resultados cuando la implementación de ellas son las adecuadas, en este caso con la variación que se le dio a la disposición de filas que van a cada máquina y el cambio de rango de trabajo de los porcionadores en las máquinas empacadoras, se logró la disminución del sobrepeso de 3,89% a 2,96%, alcanzado la meta propuesta por la compañía, que fue del 3%. Sin embargo, en el desarrollo de la metodología se pueden observar otras oportunidades de mejora que requieren de mayor inversión, asimismo para una mayor disminución del sobrepeso.
- Con el protocolo de trabajo aplicado, la permanencia en el tiempo de las mejoras se ha mantenido, siendo así, en el primer semestre del año 2023, el sobrepeso en la galleta Salticas se ha mantenido por debajo del 3%.
- Con la disminución del sobrepeso a 2,96%, el ahorro anual que se genera para la empresa es aproximadamente de \$38000 dólares.

Recomendaciones

- Una de las causas que también determinan principal el sobrepeso en la galleta es la variación de peso que se genera en el área del laminado por el desgaste desigual que presentan los rodillos laminadores y el troquel que imprime las figuras de galletas. Para corregir este problema se recomienda la fabricación y adquisición de un nuevo molde y rodillos laminadores.
- Se recomienda mantener siempre en óptimas condiciones el horno de cocción de la galleta, ya que depende mucho del perfil de horneado (temperaturas y parámetros de operación) adecuado para obtener el espesor de galleta uniforme a lo ancho de la banda de proceso. Una deficiente distribución de calor en el interior del horno genera variación en el espesor de la galleta.
- Considerar la implementación de un sistema de extracción de calor para la nave de producción de galletas, ya que se evidenció temperaturas de hasta 46-48 °C en los días más calurosos. Los actuales extractores eólicos no son suficientes para mejorar esta difícil condición tanto para el producto en proceso, como para el personal que labora en el área.
- El contar con personal capacitado repercute positivamente en la eficiencia y la productividad del proceso, por ello, todo el personal que labore en el área de empaquetado de galletas debe contar con el entrenamiento adecuado de los puestos críticos en los cuales se ha trabajado las mejoras y las horas de práctica necesarias para cumplir a cabalidad las funciones que le son asignadas.
- El bicarbonato de sodio al ser un ingrediente que contribuye directamente al espesor de la galleta, de ser posible se debería validar por cada lote que llega, la eficiencia de insumo, realizando pruebas de laboratorio para no comprometer la totalidad del lote, ya que es una sustancia controlada y se debe desperdiciar la menor cantidad posible.

REFERENCIAS

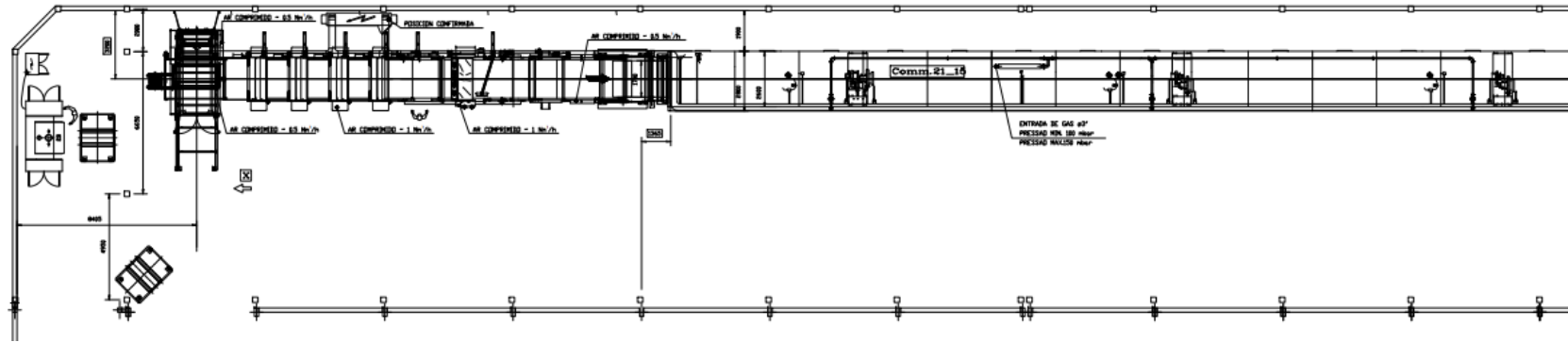
- [1] P. Guleria, A. Pathania, S. Sharma y J. C. Sá, «Lean six-sigma implementation in an automobile axle manufacturing industry: A case study,» *ScienceDirect*, pp. 1739-1746, 2022.
- [2] B. G. Ibarra C, «Aplicación metodología DMAIC en empresa textil con enfoque en reducción de costos.,» Quito, 2019.
- [3] A. Arreaga, «Diseño de modelo Six Sigma para optimización de proceso de producción bananera en la compañía Marisbell S.A.,» Guayaquil, 2020.
- [4] E. e. Etecé, «Industria alimentaria,» 16 junio 2021. [En línea]. Available: <https://concepto.de/industria-alimentaria/>.
- [5] Esbelt, «Proceso elaboración de galletas,» Agosto 2000. [En línea].
- [6] I. Povea Garcerant, La función del envase en la conservación de alimentos, Bogota: Unisalle, 2014.
- [7] J. Heizer y R. Barry, Principios de administración de operaciones. 5ta edición., México: Pearson Educación, 2004.
- [8] F. Aqlan, A. Lawrence y Fandib, «Priorizar iniciativas de mejora de procesos en entornos de fabricación,» *ScienceDirect*, pp. 261-268, 2018.
- [9] N. Kumar, S. Shahzeb, K. Srivastava, R. Akhtar, R. Kumar y V. Kumar, «Lean manufacturing techniques and its implementation: A review,» *ScienceDirect*, pp. 1188-1192, 2022.
- [10] G. Eckes, El Six Sigma para todos, Bogota: Grupo Editorial Norma, 2006.
- [11] L. Socconini, Lean manufacturing: paso a paso, Barcelona: Marge Books, 2019.
- [12] A. Palange y P. Dhattrak, «Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing,» *ScienceDirect*, pp. 729-736, 2021.
- [13] M. Kharub, B. Ruchitha, S. Hariharan y S. Vamsi, «Profit enhancement for small, medium scale enterprises using Lean Six Sigma,» *ScienceDirect*, pp. 2591-2595, 2022.
- [14] E. V. Saglimbeni Jarrín, «Aplicación de la metodología DMAIC (Six sigma) para la reducción de reproceso de información estadística de control nutricional,» *Tesis*, 2015.
- [15] L. U. e. I. Unir, «Qué son las 7 herramientas básicas para la Calidad,» 20 07 2021. [En línea].

- [16] E. A. Rodríguez Moguel, Metodología de la Investigación., Villahermosa: Zona de la Cultura, 2005.
- [17] V. L. Narvaez Oscar, «Introducción a la investigación: guía interactiva,» 19 noviembre 2014. [En línea].
- [18] M. Gómez, Introducción a la metodología de la investigación científica - 1a ed., Córdoba : Brujas, 2006.
- [19] M. A. Tovar Arturo, CPIMC Un Modelo de Administración por Procesos, México: Panorama Editorial, 2007.
- [20] P. Reyes, «Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas Mexicanas: experiencias y reflexiones,» *Contaduría y Administración N° 205*, pp. 51-69, abril-junio 2002.
- [21] A. Martínez Mayoral y J. Morales Socuéllamos, Lean Six Sigma para la mejora de procesos, Universitas Miguel Hernández, 2022.
- [22] R. Serrano Gallego, Introducción al análisis de datos experimentales: Tratamiento de datos en bioensayos., Publicacions de la Universitat Jaume I., 2003.
- [23] A. F. Arvelo, La Capacidad de los procesos industriales-Métodos Estadísticos exigidos por las normas ISO9000, Caracas: Publicaciones UCAB, 1998.
- [24] H. O. Ambrosi, La verdad de las estadísticas: aprender con los datos, Buenos Aires: Lumiere, 2008.
- [25] R. León y O. Ferreiro, «Ciclo DMAIC: Medir y Analizar,» 29 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://www.claseejecutiva.com.ec/blog/articulos/ciclo-dmaic-medir-y-analizar/>. [Último acceso: 31 01 2023].
- [26] P. Lyonnet, Los métodos de la calidad total, Ediciones Díaz de Santos, S.A., 1989.
- [27] S. Licari, «¿Qué es una lluvia de ideas? Ejemplos y técnicas eficaces,» HubSpot, 25 11 2021. [En línea]. Available: <https://blog.hubspot.es/marketing/tecnicas-lluvia-de-ideas-creativas>. [Último acceso: 25 06 2023].
- [28] p. m. Tecno pack. [En línea]. Available: https://www.tecnopackspa.it/public/img/sotto_pagine/202099_124659_SPFWOH.pdf.
- [29] J. De Mast y J. Lokkerbol, «An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving,» *ScienceDirect*, pp. 604-614, 2012.

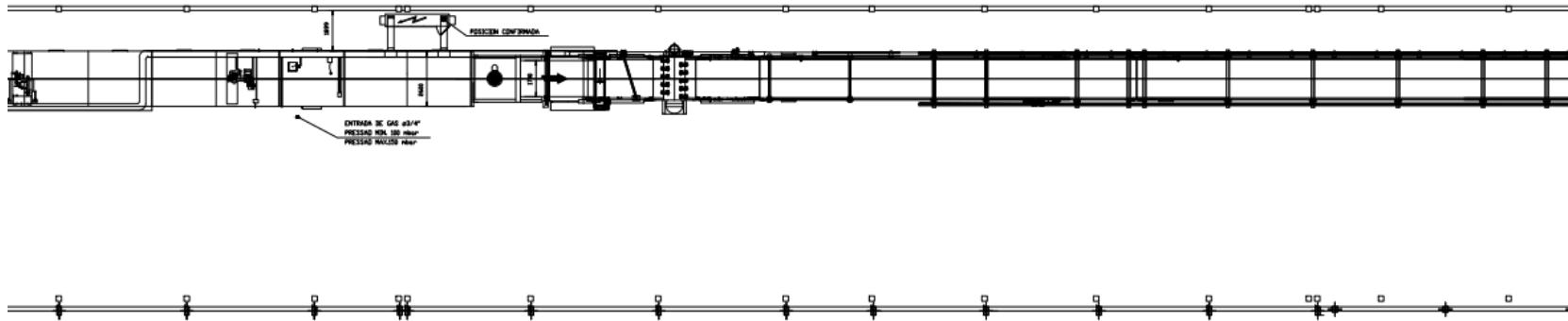
-
- [30] L. Socconini y C. Reato, Lean Six Sigma. Sistema de Gestión para liderar empresas, MARGE BOOKS, 2019.
- [31] F. Cardenas, «Diagrama de flujo de proceso: qué es, cómo se hace y ejemplos.» [En línea]. Available: <https://blog.hubspot.es/sales/que-es-diagrama-flujo-procesos>.
- [32] A. Pierce, «DMAIC y otras herramientas Six Sigma para potenciar la mejora continua,» 10 mayo 2022. [En línea]. Available: <https://blog.imagineer.co/es/estrategia/dmaic/dmaic-y-otras-herramientas-six-sigma-para-potenciar-la-mejora-continua>.

ANEXOS

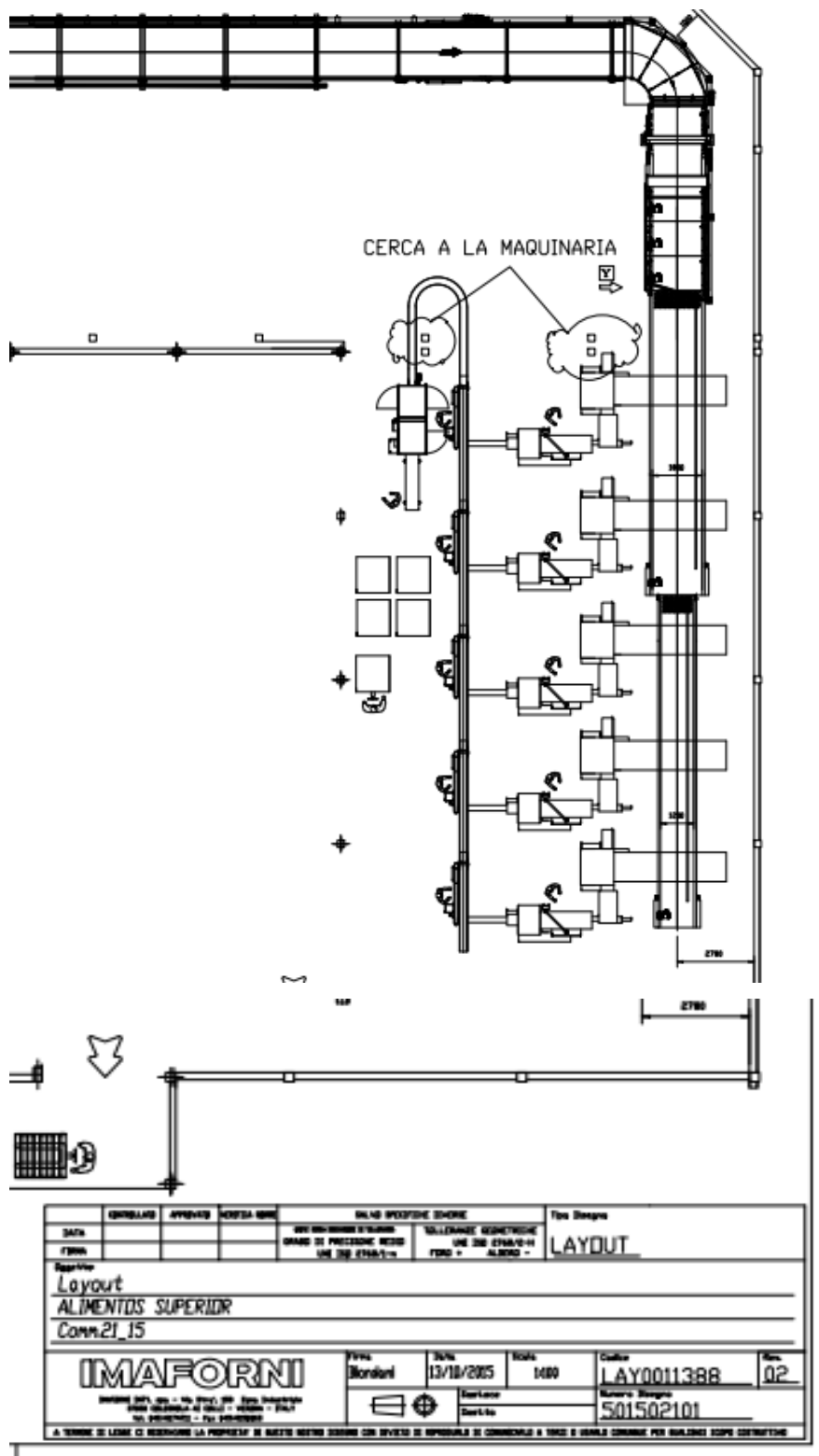
1. Plano de la línea de Galletas LD



CORTE A




CORTE B



CORTE C

2. SOP Calibración del Porcionador

	PRODUCCIÓN GALLETAS Procedimiento de Manejo y Calibración del Porcionador	CÓDIGO: 120-P-Procedimiento de Manejo y Calibración del Porcionador
		REVISIÓN: 15-03-2023 VERSIÓN: 1.0
		PÁGINA: 1 de 1
ELABORADO POR: Jefe de Producción		APROBADO POR: Sub-Gerente de Manufactura

Equipo Para Calibrar:
Porcionador de las máquinas FP95

Material Fotográfico:



Procedimiento de Manejo y Calibración

1. **Encendido.** - Mover la perilla de ON/OFF para el encendido del equipo porcionador (interruptor ubicado en la parte delantera del tablero eléctrico), figura 1.

2. **Verificación suministro.** – Verificar que la válvula de paso de aire comprimido en la unidad de mantenimiento se encuentre abierta, presión de trabajo 90 Psi, (figura 2).


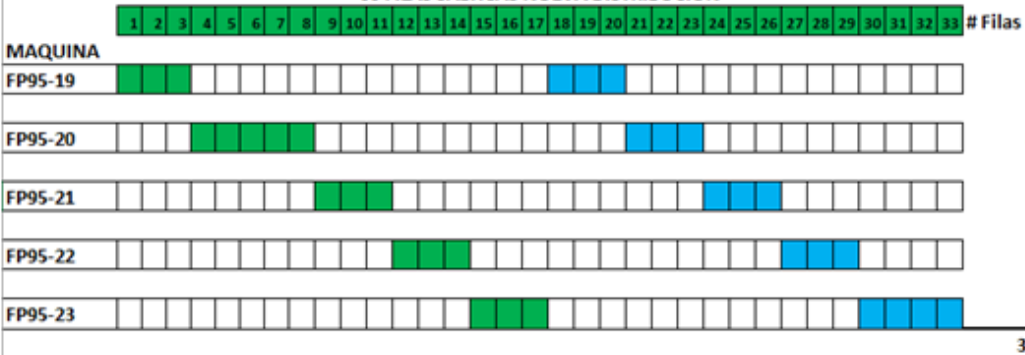
3. **Energización.** – energizar la máquina presionando el botón azul ubicado a lado derecho de la pantalla de control (figura 3).

4. **Ingreso a menú de calibración.** – en la pantalla principal pulsar menú principal (fig. 4,1), muestra 6 ventanas en el lado izquierdo de la pantalla (fig. 4,2), escoger datos receta y desplegará nueva pantalla con varios parámetros a calibrar (fig. 4,3).

5. **Calibración de la porción.** – en el recuadro “Longitud porción” ingresar la longitud deseada del del paquete en mm (150-155). El resto de los parámetros complementarios se describen en la imagen 5.

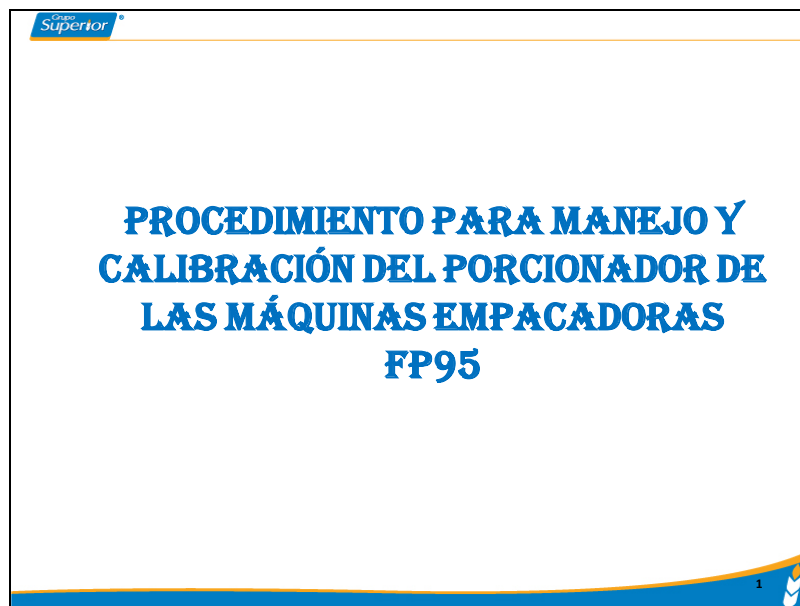
6. **Sincronización con la máquina empacadora.** – Una vez ingresado los valores de la porción (105-155 mm), se debe activar la comunicación con la empacadora, presionando el botón blanco del lado derecho de la pantalla (fig. 6,1). En la empacadora activar la función automático (fig 6,2), la cual activa la comunicación entre El Porcionador y La Máquina Empacadora.

3. SOP Nueva Distribución de filas de galletas por máquina.

	PRODUCCIÓN GALLETAS Instructivo de distribución de las filas de galletas que se alimentan a cada empacadora	CÓDIGO: 120-It-Instructivo de distribución de filas para cada empacadora
		REVISIÓN: 15-04-2023 VERSIÓN: 1.0
		PÁGINA: 1 de 1
ELABORADO POR: <u>Jefe</u> de Producción		APROBADO POR: Sub-Gerente de Manufactura
Equipo analizado: Banda de enfriamiento que alimenta las galletas al empaque	Distribución de filas a cada empacadora	
	Apoyo gráfico:	
33 FILAS SALTICAS NUEVA DISTRIBUCIÓN		
		# Filas
MAQUINA		
FP95-19		6
FP95-20		8
FP95-21		6
FP95-22		6
FP95-23		7
		33
FP95-19	En esta máquina se empacan las filas 1, 2, 3, 18, 19 y 20	
FP95-20	En esta máquina se empacan las filas 4, 5, 6, 7, 8, 21, 22 y 23	
FP95-21	En esta máquina se empacan las filas 9, 10, 11, 24, 25 y 26	
FP95-22	En esta máquina se empacan las filas 12, 13, 14, 27, 28 y 29	
FP95-23	En esta máquina se empacan las filas 15, 16, 18, 30, 31, 32 y 33	

4. Material de capacitación sobre manejo y calibración del Porcionador.

Diapositiva 1



PROCEDIMIENTO PARA MANEJO Y CALIBRACIÓN DEL PORCIONADOR DE LAS MÁQUINAS EMPACADORAS FP95

1

Diapositiva 2



PORCIONADOR
1.- ENCENDIDO DE LA MAQUINA

Fig.23

Mover la perilla del interruptor general que se encuentra en la parte delantera del tablero eléctrico (**Fig.23**), en sentido manecillas de reloj

ON = ENCENDIDO
OFF = APAGADO

Fig.24

Verificar que la válvula de aire comprimido (**Fig. 24**), ubicado en la maquina Fp 95-19 este habilitado, controlando que la presión sea 6bar (90 psi).

2

Diapositiva 3

Superior

2.- PANEL DE CONTROL



Fig. 25




Fig. 26

- Presionar en cualquier punto de la pantalla para acceder al menú principal(Fig.25). Energizar la maquina presionando el botón azul ubicado a un costado derecho inferior de la pantalla. (Fig. 26. 1,1)

3

Diapositiva 4

Superior

2.1 PANEL DE CONTROL

En la pantalla principal (Fig. 27), la página visualizada enseña el contenido del menú principal que permite accionar los vibradores(27.1) modo manual M1 (27.2) Full Setup M2 (27.3), Menú principal (27.4), y lectura de la velocidad actual, tiempo de descarga del producto y la longitud de la porción del producto. (27.5)

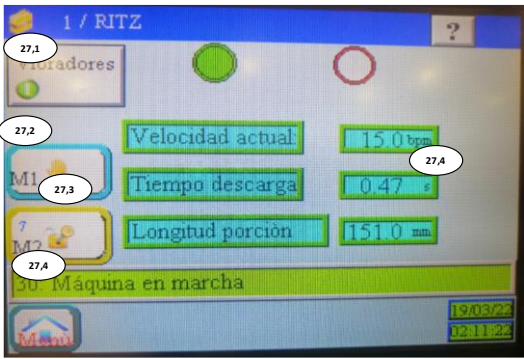


Fig. 27

4

Diapositiva 5

3. CALIBRACIÓN DEL PORCIONADOR

En la pantalla de inicio, seleccionar el Menú principal (27.4). Inmediatamente se desplegarán 6 ventanas de forma vertical. (Fig. 28) Seleccionar DATOS RECETA y posterior aparecerá una pagina con varias ventanas según la condición a calibrar. (Fig. 29)




Fig. 28




Fig. 29

Las ventanas: OPERATIVA, ARCHIVO, MONITOR, REGULACIONES E IDIOMA, son archivos y parámetros propios de las maquinas. Por lo tanto es recomendable no modificar los valores de estos archivos ya que podrían modificar el buen funcionamiento del PORCIONADOR

5

Diapositiva 6

4. CALIBRACIÓN DE LA PORCIÓN

Permite regular la velocidad y contracción de Producto al rotador.

Regula la posición baja y alta del Rotador Superior

Ajusta la altura superior e inferior de la posición de las varillas para recolección de la Porción.

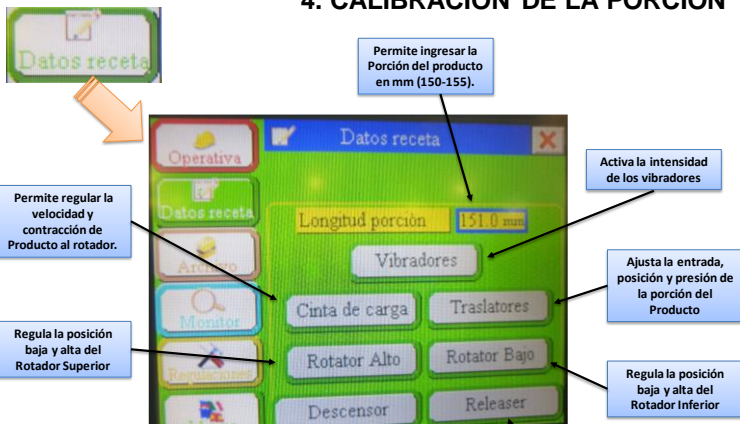


Fig. 29

Permite ingresar la Porción del producto en mm (150-155).

Activa la intensidad de los vibradores

Ajusta la entrada, posición y presión de la porción del Producto

Regula la posición baja y alta del Rotador Inferior

Ajusta la abertura de las varillas del descensor para la caída del Producto

6

Diapositiva 7

4. CALIBRACIÓN DE LA PORCIÓN

Una vez ingresado los valores de la Porción (150-155mm), aplastar el botón de color blanco ubicado en la parte superior de la pantalla. De esta forma se activa la comunicación con la maquina empacadora Fp 95.

En la maquina Fp 95, activar la ventana automática. De esta forma se crea una comunicación directa entre el PORCIONADOR Y LA MAQUINA EMPACADORA. (Revisar pág.. 15)

7

Diapositiva 8

5. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS

Vibradores

Seleccionar la ventana vibradores e ingresar datos según la intensidad requerida para transportar el producto por el canal de alimentación.

8

Diapositiva 9

5. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS

Cinta de carga

Seleccionar la ventana cinta de carga e ingresar valores de longitud en relación a la porción del Producto. La longitud de compresión normalmente trabaja entre 15 y 30 mm.

9

Diapositiva 10

5. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS

Traslatores

Seleccionar la ventana traslatores e ingresar valores en relación a la Porción del Producto.

10

Diapositiva 11

5. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS

Rotator Alto
Rotator Bajo

Rotator Alto

Posición normalizada

Posición alta per traslación

Posición baja per prelievo-descarga

Posición baja por descarga

Velocidad rotación

Seleccionar la ventana rotador alto o bajo e ingresar valores en base a la relación del diámetro de la galleta. Ojo hay que tener en cuenta que las posiciones bajas son valores NEGATIVOS. De colocar estos valores en positivo, puede ocurrir un trabamiento de rotadores, en inglés rotatores.

Diapositiva 12

5. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS

Descensor

Descensor

Posición normalizada

Posición alta por cargamento

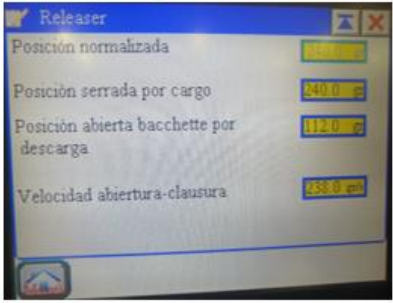
Posición baja por descarga

Velocidad alto-bajo

Seleccionar la ventana descensor e ingresar datos según el requerimiento de altura de la porción. Este valor no puede ser mayor a 30 mm ni menor a 2 mm

Diapositiva 13

5. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS



Releaser


Posición normalizada: 550.0 mm

Posición cerrada por cargo: 240.0 mm

Posición abierta bacchette por descarga: 112.0 mm

Velocidad abertura-clausura: 550.0 mm/s

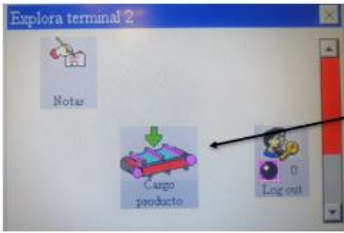
Seleccionar la ventana releaser.e e ingresar datos según la abertura requerida para la caída de la galleta a las cintas varillas de la máquina.



13

Diapositiva 14

6. SINCRONIZACIÓN DE LA CAIDA DEL PRODUCTO AL CANAL CINTA VARILLAS




Explora terminal 2

Nota:

Cargo producto

En el explorer terminal de la Fd-95, seleccionar la ventana "Cargo Producto"



Cargo producto cadena 1

CAM: ON

Posición cadena: 54.3 mm

Fase start: 5.0 mm 1 tr

Duración min: 120.00 Anticipo sec: 0.20

En la ventana desplazada identificar el casillero Fase start. Esta opción permite sincronizar la caída del producto hacia el canal de la cinta varillas. Ingresar valores según la sincronización requerida.

14